Mngool.com

فَلسَفَة العُلوم

تركيب الثورات العلمية

تأليف

توماس كون

ترجمة وتقديم

الدكتور

ماهر عبد القادر محمد علي

الجزء الخامس

دار النهضة العربية
للطباعة والنشر
بيروت . ص.ب ١١٠٧٤٩

١٤٠٨ هـ - ١٩٨٨ م

دار النهضة العربية
للطباعة والنشر
بيروت - ص.ب ٧٤٩ - ١١٠

* الإدارة : بيروت ، شارع مدحت باشا ، بناية كربدية ، تلفون : ٣٠٣٨١٦/ ٣٠٩٨٣٠/ ٣١٢٢١٣
برقياً : دانهضة ، ص. ب ٧٤٩-١١
تلكس : NAHDA 40290 LE
29354 LE

* المكتبة : شارع البستاني ، بناية اسكندراني رقم ٣ ، غربي الجامعة العربية ، تلفون : ٣١٦٢٠٢

* المستودع : بئر حسن ، تلفون : ٨٣٣١٨٠

بسم الله الرحمن الرحيم

هذه ترجمة كتاب

The Structure of Scientific Revolutions

by

T. S. Kuhn

إهداء

إلى من تعترف له أسرة الفلسفة بالعلم والفضل

إلى الأستاذ العالم الدكتور محمد ثابت الفندي

تصدير الطبعة الثانية

تأتي هذه الطبعة الجديدة من كتاب «تركيب الثورات العلمية»، للأستاذ العلامة توماس كُوُنْ، لتحقق غرضين معاً: الأول: أنها تتفق مع الهدف العام الذي من أجله صممت سلسلة فلسفة العلوم، التي اقترح عليّ الأستاذان مصطفى وحسان كريدية صاحبا دار النهضة العربية ببيروت - أن تمضي بخطى ثابتة إلى الأمام رغم كل صعوبات الطباعة في عالم اليوم. والثاني؛ أن كتاب «تركيب الثورات العلمية» للعلامة توماس كُوُنْ بالإضافة إلى كتاب «منطق الكشف العلمي» لفيلسوف العلم المعاصر السير كارل بوبر، وهو الجزء الرابع في هذه السلسلة، عملان كل منهما يكمل الآخر من المنظور العلمي، ولا غنى للباحث عن دراستهما معاً.

ومن ناحية أخرى، فإن صدورهما بالإضافة إلى كتاب «برامج الأبحاث العلمية»، وهو الجزء السادس الذي يصدر في هذه السلسلة، يتمم الحلقة الأولى من عملية التغيير الفكري الضرورية واللازمة للدارسين والباحثين في فرع تاريخ وفلسفة العلوم؛ إذ من الملاحظ أن برامج الدراسة والمعلومات التي تُنقل لباحثينا لم تتطور بعد بالصورة التي يمكن بها أن تواكب الدراسات والأبحاث العالمية في هذا التخصص الحيوي - وهذا ما جعلني في الطبعة الأولى التي صدرت في عام ١٩٨٠ للجزء الثاني المتعلق بدراسة المشكلات

المعرفية ، أوجه الدعوة لباحثينا لإثراء هذا الميدان الخصب بحثياً من منظور يتلاءم مع واقع التغيرات العلمية التي يعيشها عصرنا .

والله أسأل التوفيق .

ماهر عبد القادر محمد

بيروت في أول يناير ١٩٨٧ .

تصدير الطبعة الأولى

يعتبر كتاب «تركيب الثورات العلمية» للعلامة توماس كُوُنْ من العلامات البارزة في تطور الفكر العلمي في تاريخ العلوم في النصف الثاني من القرن الحالي. والأستاذ كُوُنْ يقدم لنا في هذا المؤلف بعض الأفكار الهامة مثل فكرة النموذج وفكرة العلم السوى والعلم الشاذ، وغيرها. وحاول أن يصوِّر لنا من خلال هذه الأفكار حركة العلم في تطوره، وهو في هذا استعان بالأمثلة والشواهد التاريخية، فنجد بين طيات هذا الكتاب الكثير من الأمثلة العلمية من علوم شتى.

والواضح أن تحليلات كُوُنْ للأمثلة التاريخية التي اختارها تقدم أساساً جيداً لفهم ما اطلق عليه كُوُنْ العلم السوى والعلم الشاذ أو الثوري. إذ أن العلم، في رأي كُوُنْ، في مرحلة الاستقرار والثبات التي يطلق عليها كُوُنْ مرحلة العلم السوى يكون نموذجاً متماسكاً متجانساً، والعلماء يعملون في ابحاثهم وفق التصورات الأساسية التي يأخذ بها النموذج. والعلماء أيضاً وفق هذا النموذج، يقومون بحل المعضلات التي تقابلهم، والمشكلات التي تواجه ابحاثهم. إلا أن بعض المعضلات أحياناً يستعصى على الحل. وهنا تواجه العلماء مشكلات كثيرة. وهذه المشكلات تعرض أمام العلماء، لكنهم

يعجزون عن تقديم حلول لها في ضوء التصورات، أو النموذج الذي يحكمهم في ابحاثهم. لكن ما أن تحدث ثورة علمية، ويأتي كشف علمي جديد حتى تنقلب الأوضاع العلمية تماماً. وتبدأ مرحلة من الصراع بين الجيل القديم الذي يعتنق النموذج السائد، والجيل الجديد الذي يأخذ بتصورات جديدة، وأفكار صدرت عن الكشف العلمي الجديد. هذه المرحلة تسود لفترة من الوقت ما يطلق عليه كُوُنْ مرحلة العلم الثوري، أو الشاذ.

والواقع أن كُوُنْ يولي أهمية كبرى لدراسة العلم السوى، وربما أكثر من دراسة العلم الثوري. لكنه مع هذا يجعل فكرة النموذج هي العامل المشترك في المرحلتين. إن الصراع الذي يشهده جيل العلماء أثناء الثورة العلمية، سرعان ما يختفي بعد أن تستقر أوضاع العلم، وتتحدد تصورات العلماء، وتجد المشكلات الحلول المناسبة لها. هنا يتكون النموذج الجديد الذي يعمل العلماء وفقه، ويستقر العلم مرة أخرى، ويتحول إلى علم سوى.

إن هذه الأفكار الجديدة التي يقدمها توماس كُوُنْ، تمثل رؤية علمية جديدة، لمدى التداخل الشديد بين فلسفة العلم وتاريخ العلم. وهي تطرح علينا أن ننظر للأبحاث العلمية التي قدمها العلماء عبر التاريخ، من منظور جديد، تماماً كما فعل كُوُنْ.

إننا بحاجة في عالم اليوم، خاصة في وطننا العربي أن نأخذ بأفكار علمية متطورة، ولا نقف عند مجرد نقل القديم فكراً وروحاً. إن مقتضيات البحث العلمي تفرض على باحثينا أن يعملوا في ابحاثهم وفق رؤية علمية متطورة تحقق مواكبة أفضل للتطورات العلمية العالمية.

والكتاب الذي نقدمه اليوم ليس إلا حلقة من حلقات سلسلة طويلة من الأبحاث العلمية، التي يجريها العلماء الآن في مجال هذا التخصص.

وأرجو أن تتم بنقله إلى العربية الفائدة التي ينشدها الباحث والمتخصص في المجالات العلمية المختلفة .

وبالله التوفيق

ماهر عبد القادر

الإسكندرية
بولكي في
أول أكتوبر (تشرين أول) ١٩٨٥ .

مَقَدَّمَة

حاول توماس كون أن يعرض للعلاقة الفكرية التي تربطه بالسير كارل بوبر، وكان منطلقه الرئيسي في هذا التحديد ما اكتشفه من أن أتباع كارل بوبر يستطيعون أن يقرأوا الكثير من «تركيب الثورات العلمية» على أنه صورة أخرى لمؤلف بوبر الأساسي «منطق الكشف العلمي» دون أن يقعوا على الفوارق الشديدة بين العملين. لقد حرص كون على بيان نقاط الاتفاق وكذا الاختلاف، وقرر في ثنايا المقارنة التي عقدها بين أفكاره وتلك التي يعتقدها السير كارل بوبر، أنهما «يستخدمان نفس المعطيات العلمية». ثم تابع هذا التحديد بصورة أشمل قائلاً: «إننا نرى نفس الخطوط على نفس الورقة بدرجة غير عادية، وإذا سئل أي منا عن هذه الخطوط وعن هذه المعطيات، فكلانا يعطي ردوداً متماثلة حقيقية، أو على الأقل ردوداً تبدو متماثلة بالضرورة نتيجة للاستقلالية التي تمليها طريقة السؤال والإجابة. ومع ذلك فإن التجارب كالتي سبق ذكرها تقنعني أن أهدافنا غالباً ما تكون مختلفة عندما نقول نفس الشيء. فعلى الرغم من أن الخطوط واحدة فالأشكال التي تظهر منها ليست كذلك. هذا هو الذي يجعلني أقول أن ما يفصلنا هو محول جشطلتي أكثر منه اختلافاً».

والذي لا شك فيه أن وجهة نظر كون في هذا الاختلاف موضع تقدير، إذ أن كون يتحدث عن خبرته الخاصة التي دونها في «تركيب الثورات

العلمية»، وهي خبرة تعرض وجهة نظره هو، وخبرته التي استمدها من المعرفة الوثيقة بكتاب «منطق الكشف العلمي»، وهي خبرة الذات بذات أخرى من خلال الذات. وترجمة هذه العبارة الأخيرة أن خبرة كون ببوبر إنما جاءت وصدرت في المقام الأول من خلال رؤية كون وبمنظاره هو، وقد أدرك كون ذاته هذا المعنى، وهو ما يبدو لنا من قوله: «كيف أظهر له - أي كارل بوبر - ما قد يبدو له إذا ما ارتدى منظاري، وهو قد تعلم أن يرى كل شيء أشير إليه أنا بمنظاره هو؟».

جوانب الاتفاق بين كُوُنْ وبوبر:

أشار توماس كون إلى بعض جوانب الاتفاق التي تميز الملامح العامة لآرائه و«كارل بوبر»، حيث وجد أنهما معاً يهتمان بالمسار الديناميكي الذي اكتسبت به المعرفة العلمية، أكثر من اهتمامهما بالتركيب المنطقي لنتائج البحث العلمي، وهذا ما جعلهما يؤكدان على أهمية الروح العلمية الحقيقية. وأهمية الرجوع إلى التاريخ للعثور على الواقعة الحقيقية. وهما أيضاً استبعدا الرأي القائل بأن العلم يتقدم بالنمو، ويؤكدان على التقدم الثوري بدلاً من التأكيد على استبعاد نظرية قديمة لتحل محلها نظرية أخرى جديدة لا مثيل لها. كما أنهما قد اهتما بالدور الذي يلعبه الفشل المتكرر للنظرية القديمة في مجابهة التحديات التي يقتضيها المنطق والتجربة والملاحظة. والأبعد من هذا أنهما يؤكدان على التداخل الحتمي الدقيق بين الملاحظة العلمية والنظرية العلمية، فمن وجهة نظرهما يشكان في الآراء التي تحاول التوصل للتعبير المحايد عن الملاحظة. كذلك يصران على أن العلماء يمكن أن يهدفوا إلى ابتكار نظريات تفسر الظواهر المشاهدة.

جوانب الاختلاف بين كون وبوبر:

أشار كون إلى أن مصدر الاختلاف بينه وبين بوبر مرجعه إلى

اختلافات كلامية، أو بمعنى آخر؛ يستخدم كارل بوبر تعبيرات كلامية لا يوافق عليها كون أصلاً ولا يستطيع أن يستخدمها على حد قوله «في نفس المواضع». فمع أن كون يقرر أنه يتفق مع بوبر على أن أي تحليل لتطور المعرفة العلمية لا بد أن يراعي كيفية الممارسة الفعلية للعلوم؛ إلا أنه يختلف معه حول بعض الأحكام العامة التي أطلقها، على سبيل المثال الحكم التعميمي الذي افتتح به بوبر «منطق الكشف العلمي» ويقول فيه: «يضع العالم سواء أكان نظرياً أم تجريبياً قضايا أو أنساق من القضايا، ثم يختبرها تدريجياً في ميدان العلوم التجريبية، وبصفة خاصة يكوّن فروضاً أو أنساقاً من نظريات ويجري عليها اختباراً في مواجهة الخبرة عن طريق الملاحظة والتجربة». هذا الحكم كما يرى كون يخلق ثلاث مشاكل عند التطبيق. إن من يقرأ هذه الفقرة يجد أنه غير واضح حيث لم يحدد ما هي هذه «الفروض» أو «النظريات» التي تختبر. والواقع أنه يمكن توضيح هذا الغموض بالرجوع إلى بعض الفقرات الأخرى من كتاب منطق الكشف العلمي، لكن الحكم التعميمي الناتج يعتبر خاطئاً من الناحية التاريخية. والأكثر من ذلك يصبح الخطأ له أهمية، لأن الشكل المبهم للوصف يفتقد تلك الخاصية للممارسة العلمية والتي تفرق كثيراً بين العلوم والحرف الأخرى الابتكارية. هناك نوع واحد من القضايا أو الفروض التي يخضعها العلماء دائماً للاختبار المقنن. ومن أمثلة هذه الفروض التخمينات الفردية التالية: إن مادة كيميائية غير معروفة تحتوي على أملاح من تربة نادرة، أو أن السمنة المفرطة لفئران التجارب ترجع إلى تركيب محدد من مركبات تغذيتها، أو أن شكلاً طيفياً اكتشف حديثاً يمكن أن يفهم على أنه نتيجة لتفاعل نووي. في كل من تلك الحالات فإن الخطوات التالية في أبحاث العالم تهدف إلى التجربة أو وضع الافتراض موضع الاختبار. فإذا اجتاز هذا الافتراض اختبارات كافية أو قاسية فإن العالم يكون قد توصل إلى اكتشاف أو على الأقل قد وجد حلاً

لمعضلة كانت لديه من قبل. أما إذا لم ينجح، فعليه إما أن يترك المعضلة كلية أو يحاول أن يحلها باستخدام افتراض آخر.

إن العديد من مشاكل البحث، وليست كلها، تأخذ هذا الشكل. والاختبارات من هذا النوع هي ما يسميه توماس كون «العلم السوي» Normal Science، أو الأبحاث السوية. فعندما ينشغل العالم بمشكلة الأبحاث العادية عليه أن يفترض مقدماً أن النظرية الشائعة هي قواعد لخطته. فالهدف الذي أمامه هو إيجاد حل للمعضلة ويفضل أن تكون أحد تلك المعضلات التي فشل الآخرون في حلها، والنظرية الشائعة في هذه الحالة تكون مطلوبة لتحديد المعضلة ولضمان إيجاد الحل إذا ما وضعت موضع التفكير النابه. ومن ثم فإن من يمارس مثل هذا المشروع عليه دائماً أن يختبر حل المعضلة المفترضة التي اقترحها ببراعة. إن ما اختبر هو فقط التخمين الشخصي للعالم، فإذا فشل هذا التخمين في الاختبار، فالذي طعن في نزاهته ليس مجموعة ما كتب من العلوم الشائعة، وإنما قدرته هو. وباختصار فإنه على الرغم من أن الاختبارات تحدث بصفة مستمرة في العلم السوي، إلا أن هذه الاختبارات لها صفتها الخاصة، حيث في التحليل النهائي، نجد أن ما يختبر ليس النظرية الشائعة وإنما العالم الفرد.

على أية حال ليس هذا هو نوع الاختبار الموجود في ذهن كارل بوبر، لأنه مهتم بدرجة كبيرة بالوسائل التي ينمو بها العلم، وهو مقتنع أن «النمو» يحدث ليس بالتكاثر، وإنما عن طريق الإطاحة الثورية بنظرية مقبولة واستبدالها بواحدة أفضل. ولما كان بوبر مقتنعاً بهذا الرأي، فإن الاختبارات التي يؤكد عليها هي تلك التي تؤدي إلى اكتشاف القصور والقيود على النظرية المقبولة، وإخضاع النظرية المقبولة إلى أقصى جهد. ومن بين أفضل الأمثلة التي يقدمها بوبر، ويرى كون أنها مدمرة في نتائجها، تجارب لافوازييه على

التكلس، وحملة كسوف الشمس عام ١٩١٩، والتجارب الحديثة لحفظ الطاقة. كل هذه بالطبع كما يرى كون أمثلة لتجارب كلاسيكية، لكن في استخدامها لتمييز النشاط العلمي فإن أشياء هامة تغيب عن ذهن كارل بوبر، في هذا الصدد، كما يرى كون.

فمثل هذه الأحداث نادرة جداً في تطور العلوم. فعندما تحدث، فإنها تحدث بسبب أزمة مسبقة في المجال المرتبط بها (تجارب لافوازييه أو تجارب ليِ ويانغ Lee and Yang's) أو بسبب وجود نظرية تنافس وتتحدى قواعد البحث الموجودة (نظرية النسبية العامة لاينشتين). فهذه على أي حال مظاهر أو مناسبات لما أطلق عليه كون في مكان آخر «أبحاث غير سوية»، وهو مشروع يُظهر فيه العلماء كثير من المميزات التي يؤكد عليها كارل بوبر، لكن واحدة كانت قد ظهرت بصورة متقطعة وتحت ظروف خاصة، على الأقل في الماضي، في أي تخصص علمي.

ويفترض كون أن كارل بوبر قد أعطى المشروع العلمي كله صفات في ألفاظ تنطبق فقط على أجزاء ثورية منه تحدث من آن لآخر. تأكيداته طبيعية وشائعة: إن فهم **كوبرنيقوس** أو اينشتين تعطي للقارىء شيئاً أفضل من براهي Brahe أو لورنتز؛ ولكن يكون بوبر هو أول المخطئين من وجهة نظر كون عندما يعتقد أن ما يطلق عليه كون العلم السوي هو في حقيقته مشروع غير مشوق بطبيعته. ومع ذلك، فلا العلم ولا تطور المعرفة يمكن أن يفهم إذا نظر للأبحاث فقط من خلال التغييرات الثورية التي تنتجها من آن لآخر. وعلى سبيل المثال على الرغم من أن اختبار الالتزامات الأساسية يحدث فقط في العلم الشاق، كما يرى كون، فالعلم السوي هو الذي يكشف كل من النقطتين اللتين توضعا موضع الاختبار ووسيلة هذا الاختبار. وكذلك أيضاً فإن المهنيين يدربون فقط من أجل ممارسة العلم السوي وليس الشاذ، ومع

ذلك إذا كانوا ينجحون بطريقة بارزة في استبدال أو تغيير وضع النظريات التي يعتمد عليها ممارسة العلم السوي، فهذا موقف شاذ يجب تفسيره. وأخيراً وهذا هو هدف كون المؤقت، فإن نظرة فاحصة دقيقة للمشروع العلمي توحي بأن العلم السوي الذي لا تحدث فيه أنواع الاختبارات التي ينادي بها كارل بوبر، وليس العلم الشاذ، هو الذي يميز العلم عن غيره من الأنشطة. فإذا كان هناك معيار للحد الفاصل (ولا يجب أن نبحث عن حد فاصل أو نهائي) فسيكون في الجزء الذي يتجاهله كارل بوبر.

لقد تتبع كارل بوبر في إحدى مقالاته المؤثرة أصل «المناقشة النقدية الموروثة التي تمثل الطريقة العملية الوحيدة لزيادة معرفتنا إلى الفلاسفة الإغريق ما بين طاليس وأفلاطون، وهم الذين، كما يرى بوبر، شجعوا على المناقشة النقدية بين المدارس وداخل كل مدرسة بمفردها. والوصف المصاحب للمحاورة في عصر ما قبل سقراط مناسب للغاية، إلا أن ما وصف لا يشبه العلم بأي حال من الأحوال، فهو لا يتعدى تراث من الادعاءات والادعاءات المضادة والمناظرات عن المبادىء الأساسية التي كانت تميز الفلسفة وكثير من العلوم الاجتماعية منذ ذلك الحين ـ على ما يرى كون ـ فيما عدا أثناء العصور الوسطى. فقد بدأت الرياضيات والفلك والأجزاء الأستاتيكية والهندسية لعلم الضوء والبصريات بتجاهل هذا النوع من المحاورات في العصر اليوناني ليحل محلها حل المعضلات. وقد حدث هذا أيضاً في كثير من العلوم الأخرى منذ ذلك الحين. بمعنى أننا إذا وضعنا رأي كارل بوبر مقلوباً على رأسه، وعندما يحدث هذا في أي مجال، فإن الحوار النقدي يحدث فقط في لحظات الأزمات عندما تكون الأسس الأصلية لهذا المجال معرضة للدمار. فالعلماء لا يفعلون كالفلاسفة إلا عند اختيار إحدى النظريات المتنافسة. ذلك هو السبب، فيما يعتقد كون، الذي يجعل الوصف الرائع الذي كتبه كارل بوبر عن أسباب اختيار أحد الأنساق

الميتافيزيقية يشبه إلى حد كبير وصفه للأسباب المؤدية لاختيار النظريات العلمية.

إلا أنه يوجد سبب جيد يجعل الاختيار يبدو أنه يفعل هذا، وبالبحث يمكن أن تصبح بطة كارل بوبر في نهاية الأمر أرنب كون. فلا يمكن أن يوجد عمل لحل المعضلات ما لم يشترك الممارسين فيه في معايير تحدد لتلك المجموعة ولهذا الوقت، متى تُحل مثل هذه المعضلة. ونفس هذه المعايير بالضرورة تحدد الفشل في التوصل إلى الحل، وأن أي فرد يريد أن يختار يمكن أن ينظر إلى هذا الفشل على أنه فشل نظرية في أن تجتاز اختباراً. وعادةً، كما سبقت الإشارة، فإن الأمر يختلف عن ذلك. فالممارس هو الذي يُلام وليس أدواته. ولكن في ظل ظروف خاصة تسبب أزمة مهنية (مثل الفشل العام أو تكرار فشل العباقرة) فإن رأي المجموعة يمكن أن يتغير. فالفشل الذي كان شخصياً فيما سبق يمكن أن يتحول إلى فشل النظرية في الاختبار. وبعد ذلك، بما أن الاختبار ينبع من معضلة ويحمل معايير ثابتة للحل، فإنه يثبت أنه قاس ومن الصعب الحياد عنه أكثر من الاختبارات المتاحة في الفترات التي تتخذ طريقة الحوار النقدي كوسيلة طبيعية أكثر من طريقة حل المعضلات.

لذلك فإن قسوة معايير الاختبار هي بمعنى، أحد أوجه العملة الذي يشكل حل المعضلة التقليدي الوجه الآخر منها. هذا هو السبب الذي يجعل خط التمييز بين كون وبوبر يتلاقيان من حين لآخر. هذا التلاقي هو على أي حال في النتيجة، أما وسيلة التطبيق فهي مختلفة جداً، وهي تحدد مظاهر من النشاط علينا أن نقرر ما إذا كان علماً أو لا ـ علم، بالنظر إليها. وبفحص الحالات التي تثير الضيق مثل التحليل النفسي أو الجغرافيا التاريخية الماركسية التي يقول لنا كارل بوبر أن معياره كان في بادىء الأمر من أجلها،

فإن كون يوافق على أنها لا يمكن أن تسمى الآن «علم». لكنه يتوصل إلى هذا الحكم بطريقة أكثر تأكيداً وأكثر مباشرة من طريق بوبر. ويمكن لمثل بسيط أن يوحي أي من المعيارين: الاختبار أو حل المعضلات هي في الحال أقل التباساً وأكثر أصالة والأمر الأخير هو الأساسي.

ولتحديد الأمر بصورة أكثر يختار توماس كون التنجيم كمثال بدلاً من التحليل النفسي. فالتنجيم هو المثال الذي اعتاد كارل بوبر على ذكره في معظم الأحيان على أنه «علم كاذب». فهو يقول: «بجعل تفسيراتهم وتنبؤاتهم مبهمة بدرجة كافية تمكن [المنجمون] من شرح أي شيء دحض بواسطة نظرية في حالة ما إذا كانت كل من النظرية والنبوءة محددة تماماً، ولكي يتجنبوا الحكم عليهم بالتكذيب فقد حطموا قابلية النظرية للاختبار». هذه الأحكام التعميمية قد أصابها شيء من روح العمل التنجيمي، على ما يرى كون، لكن إذا أخذت حرفياً، كما يجب أن تكون إذا كانت تعطينا مقياساً للحدود، فإن من المستحيل الاعتماد عليها. ويسجل تاريخ التنجيم خلال القرون التي كان فيها ذو مكانة فكرية تنبؤات كثيرة فشلت بدرجة حماسة. حتى أكثر المتحمسين الواثقين المتشددين للتنجيم لا يشكون في تكرار هذا الفشل. ولا يمكن وضع فاصل بين التنجيم والعلوم بسبب الشكل التي تصاغ به هذه التنبؤات.

وكذلك لا يمكن وضع هذا الفاصل بسبب الطريقة التي كانت هذه التنبؤات تفسر بها الفشل. وعلى سبيل المثال يوضح المنجمون أنه بخلاف التنبؤات العامة عن الاستعدادات الفطرية للكذب مثلاً أو كارثة من كوارث الطبيعة، فإن التنبؤ بمستقبل الفرد هو عملية معقدة بدرجة كبيرة، تتطلب مهارة فائقة، وحساسة بدرجة كبيرة للأخطاء الصغيرة المتصلة بالمعلومات. لقد كان التشكيل الذي تبدو فيه النجوم والكواكب الثمانية يتغير باستمرار؛

والجداول الفلكية التي كانت تستخدم لحساب هذا التشكيل عند مولد أي فرد كانت غير دقيقة بشكل فاضح؛ فقليل من الناس يعرفون اللحظة التي ولدوا فيها بالدقة المطلوبة. فلا عجب إذاً في أن التنبؤات غالباً ما كانت تفشل. وبعد أن أصبح التنجيم غير مقنع فقط أصبحت المناقشات في حاجة إلى التساؤل. وتدور الآن مناقشات مشابهة عند تفسير الفشل في الطب أو الأرصاد الجوية على سبيل المثال. وفي أوقات الأزمات فإنها تنتشر في العلوم الدقيقة في مجالات مثل الفيزياء والكيمياء وعلم الفلك. فلا يوجد أي شيء غير علمي بالنسبة لتفسيرات المنجم للفشل.

ومع ذلك، فإن التنجيم ليس علماً. إنه حرفة، أو هو أحد الفنون العملية يشبه إلى حد كبير الهندسة والأرصاد الجوية والطب كما كانت تمارس في الماضي حتى قرن أو يزيد فيما مضى. فالتوازي بينه وبين الطب القديم والتحليل النفسي المعاصر لصيق بدرجة خاصة على ما يعتقد كون. ففي كل من هذين المجالين نجد أن النظرية المشتركة كانت مناسبة فقط لتكوين النظام المقنع ولإعطاء القواعد المهنية المختلفة التي تحكم الممارسة أساس منطقي. وقد أثبتت تلك القواعد فائدتها في الماضي لكن لم يعتقد أي فرد من الممارسين أنها تكفي لمنع تكرار الفشل. كانت هناك حاجة لنظرية متحركة وقواعد أكثر قوة، لكن التخلي عن النظام المقنع والمطلوب بشدة بالإضافة إلى تراث ناجح إلى حد ما فقط لغياب ما كان مرغوباً فيه أمر غير مقبول. ففي غيابها لم يكن المنجم أو الطبيب يستطيع إجراء أبحاثه. وعلى الرغم من أنهما كان لديهما قواعد يطبقانها فلم يكن لديهما ألغازاً تطلب الحل ولذلك لم يكن لديهما علم يمارس.

قارن بين موقفي عالم الفلك والمنجم. إذا فشل تنبؤ الفلكي وروجعت حساباته فإنه يستطيع أن يأمل في تصحيح موقفه. ربما تكون المعلومات

خاطئة : فالملاحظات القديمة يمكن إعادة فحصها وتستخدم أدوات جديدة كالأعمال التي ترحب بالألغاز المحسوبة ذات الأدوات. أو ربما تكون النظرية في حاجة إلى تعديل إما بمعالجة دوائر التفافها أو الشذوذ أو المتساويات. . . إلخ، أو بإصلاح جذري أكثر للاستخدام الفني للأدوات. فلمدة تزيد عن ألف عام كانت هذه هي الألغاز النظرية والرياضية التي كانت تدور حولها وحول الأجزاء الأداتية المتناقضة معها تراث البحث الفلكي وتكوينه. وعلى العكس من ذلك نجد أن المنجم لا يمتلك مثل هذه الألغاز. فتكرار الفشل يمكن تفسيره، ولكن بعض أحوال الفشل المعنية لا تدفع إلى ألغاز تكون موضع البحث، فلم يكن يوجد أي شخص مهما بلغت مهارته عنده القدرة أن يستخدمها في محاولة بناءة لمراجعة التراث التنجيمي. ويوجد عدد كبير من مصادر الصعوبات، معظمها لا يخضع لمعرفة أو سيطرة أو مسؤولية المنجم. فأحوال الفشل الفردية كانت غير بناءة كذلك ولم تكن تعكس قدرة من يتكهن في عيون زملائه في المهنة. على الرغم من أن علم الفلك والتنجيم كانا في العادة يمارسان بواسطة نفس الناس بما فيهم بطلميوس وكيبلر وتيكوبراهي، فلم تبلغ قدرة المنجم قدراً يتساوى مع قدرة الفلكي على حل المعضلات. وبدون معضلات، فإنه في بادىء الأمر كان قادراً على أن يتحدى ثم يُبرهن على براعة الممارس الفرد، وليس من الممكن للتنجيم أن يصبح علماً حتى ولو قامت النجوم فعلاً بالتحكم في مصير الإنسانية.

ومن وجهة نظر كون فإنه رغم ما أظهره المنجمون من تنبؤات يمكن اختبارها، فإنهم كانوا يدركون أن هذه التنبؤات أحياناً تفشل، ومن ثم لم تكن عندهم القدرة على أن يشتركوا في أنواع الأنشطة التي عادةً تميز العلوم المتفق عليها والمقبولة. وهنا فإن بوبر كان على حق عندما استبعد التنجيم من العلوم لكن تركيزه الزائد عن الحد، على التطورات الفجائية للعلوم منعه من

أن يرى السبب الأكيد لهذا الإبعاد.

تلك الحقيقة بدورها يمكن أن تفسر ناحية أخرى شاذة من جغرافية كارل بوبر التاريخية. فعلى الرغم من أنه كان يعطي دائماً اهتماماً للدور الذي تلعبه الاختبارات في إحلال نظرية محل نظرية أخرى علمية، فإنه أيضاً أجبر على الاعتراف بأن أكثر النظريات، الخاصة ببطلميوس على سبيل المثال، كانت تستبدل قبل أن توضع حقيقة في موضع الاختبار. ففي عدة مناسبات، على الأقل، نجد أن الاختبارات غير مطلوبة للتغييرات التي يسير نحوها العلم. لكن هذا لا ينطبق حقيقة على الألغاز. على الرغم من أن النظريات التي ينادي بها بوبر لم تكن قد وضعت موضع الاختبار قبل استبدالها، فإننا لا نجد أي نظرية من التي استبدلت، قد استبدلت قبل أن تتوقف على التمشي مع ومجاراة تراث حل الألغاز. وكانت حالة علم الفلك مخزية في الجزء الأول من القرن السادس عشر. فمعظم الفلكيون كانوا يشعرون أن التعديل الطبيعي للنمط المؤسس على نظريات بطلميوس يمكن أن تصحح الأوضاع. في تلك الحالة فإن النظرية لا يمكن أن تفشل في الاختبار. لكن عدداً قليلاً من الفلكيين، وفيما بينهم كوبرنيقوس، كانوا يشعرون أن الصعوبات لا بد أنها تكمن في الطريقة البطلمية نفسها وليس في شكل من أشكال نظرية بطلميوس على وجه الخصوص التي تطورت، وقد سجلت نتائج مثل هذا الحكم. ولهذا السبب يرى كون أن الاعتماد على الاختبار كعلاقة مميزة للعلم هو أن نفتقد ما يقوم العلماء بعمله وبالتالي أكثر الصفات تمييزاً لعملهم.

تَصْديرالمؤلف

تعتبر المقالة التالية أوّل تقرير نشر بأكمله حول مشروع أدرك أساساً منذ خمسة عشر عاماً. وفي هذا الوقت كنت طالباً أدرس، في مرحلة ما بعد التخرج، الطبيعيات النظرية ضمن آرائي في خاتمة البحث العلمي.

إن التحاقي بمنهج الكلية التجريبي الذي يعالج العلم الطبيعي ساعدني في تعرضي لتاريخ العلم. ولدهشتي التامة فإن تعرضي للنظرية العلمية والتطبيق العلمي الغير ملائمين في وقتهما قد هدم تماماً بعضاً من تصوراتي الأساسية عن طبيعة العلم والأسباب التي تؤدي إلى النجاح الخاص الذي يبلغه.

هذه التصورات (أو المفاهيم) كنت قد كونتها في فترة سابقة أحياناً من التدريب العلمي نفسه، وأحياناً أخرى من اهتمامي الثانوي بفلسفة العلم. ولكن مهما كانت فائدة هذه المفاهيم البيداجوجية (التعليمية)، ومهما كانت معقوليتها المجردة، إلا أن هذه التصورات لم تناسب على الإطلاق الموضوع الذي تتعرض له الدراسة التاريخية. لذلك فقد كانت هذه التصورات، وما زالت، أساسية بالنسبة إلى مناقشات العلم العديدة، كذلك فإن أسباب الإخفاق فيها تبدو جديرة بالبحث أيضاً وكانت النتيجة تحولاً كبيراً في خططي المستقبلية، تحولاً من الطبيعيات إلى تاريخ العلم، وتدريجياً من المسائل التاريخية إلى الاهتمامات الفلسفية التي أخذت بي إلى التاريخ.

وباستثناء القليل من المقالات، تعتبر هذه المقالة أول أعمالي التي نشرت والتي تسود فيها هذه الاهتمامات الأولى. إنها على أية حال محاولة أردت أن أشرح بها لنفسي وللأصدقاء كيف تحولت من العلم إلى تاريخه في المقام الأول.

أما الفرصة الأولى التي أتيحت لي حتى أتتبع عن كثب بعض الأفكار التي ستعرض فيما بعد أيدتها سنوات ثلاث من الزمالة في إحدى كليات جامعة هارفارد. وبدون هذه الفترة من الحرية لما كانت مرحلة الانتقال إلى مجال جديد من مجالات الدراسة أكثر صعوبة، ولما جاءت هذه المرحلة. وقد كرست جزءاً من وقتي في هذه السنوات لتاريخ العلم. وقد واظبت بصفة خاصة على دراسة كتابات الكسندر كورييه، وقابلت هذه الكتابات في بداية الأمر بكتابات إميل مايرسون، وهليني ميتسجر وأينليسي ماير. ولقد بينت هذه المجموعة، أكثر من غيرها من العلماء المحدثين، الأمور التي يجدر التفكير فيها تفكيراً علمياً في فترة كانت فيها قواعد الفكر العلمي مختلفة تمام الاختلاف عن القواعد السائدة الآن. وعلى الرغم من أنني أستفسر دائماً عن بعض تفسيراتهم التاريخية الخاصة، إلا أن أعمالهم بالإضافة إلى «سلسلة الوجود العظيمة» لصاحبها أ.و. لوفيجوي تعتبر ثانوية بالنسبة إلى مصادر المادة الرئيسية التي تدخل في تشكيل مفهومي حول تاريخ الأفكار العلمية.

ومع ذلك فقد قضيت معظم وقتي في هذه السنوات في استكشاف المجالات بدون علاقة واضحة بينها وبين تاريخ العلم، والتي يكشف فيها البحث الآن عن مشكلات تشبه تلك المشكلات التي وضعها التاريخ ضمن اهتماماتي. وقد قابلت صدفة إحدى الملاحظات التي أدت بي إلى التجارب التي وضح بها جان بياجيه العوالم المختلفة الخاصة بنمو الطفل وعملية الانتقال من عالم إلى آخر. وحثني أحد زملائي على قراءة أبحاث في علم

نفس الإدراك، وبصفة خاصة لعلماء النفس الجشطلت، وقدمني زميل آخر إلى تأملات ب. ل. ورف حول تأثير اللغة على آراء العالم، وفتح لي كواين معضلات التمييز التحليلي ـ التركيبي من وجهة نظر فلسفية. وهذا هو نوع الاكتشاف العشوائي لسيرة لودفيك فليك الغير معروفة، والتي نشرت في بازل عام ١٩٣٥ بعنوان Entstehung und Entwicklung einer Wissenschaftlichen Tatsache وهي مقالة تشاركني كثيراً من أفكاري الخاصة. بالإضافة إلى هذا جعلني الأستاذ فرانسيس أكس مع سوتون وفليك، أدرك أن هذهِ الأفكار قد تكون في حاجة إلى أن توضع في علم الاجتماع الخاص بالمجتمع العلمي. وعلى الرغم من أن القراء سيجدون مصادر قليلة لأعمال هؤلاء، إلا أنني مدين لهم بأكثر مما ذكرت.

وخلال العام الأخير من عملي كأستاذ، جاءتني الفرصة الأولى في شكل دعوة لإلقاء محاضرات في معهد لويل في بوسطن حتى أجرب تصوري الذي لا يزال يتطور حول العلم. وكانت النتيجة مجموعة من المحاضرات العامة بلغت ثماني محاضرات ألقيتها في شهر مارس ١٩٥١، عن «بحث في النظرية الفيزيائية». وفي العام التالي بدأت القيام بتدريس تاريخ العلم، ولمدة عقد تقريباً تركت لي المسائل الخاصة بالتدريس في مجال لم أكن أدرس فيه بصفة منتظمة وقتاً قليلاً لصياغة واضحة للأفكار التي أخذتني في بادىء الأمر إلى هذا المجال. ولحسن الحظ فإن هذه الأفكار كشفت عن مصدر توجيه عام، وكشفت كذلك عن بعض المشاكل الأساسية في تدريسي في مرحلته المتقدمة. لذلك فإنني أود أن يشكرني تلاميذي على الدروس الغير قيمة المتعلقة بحيوية أفكاري، وكذا المتعلقة بالأساليب التي تتناسب مع علاقاتها المؤثرة. وتعطي نفس هذه المشكلات الوحدة للدراسات التاريخية السائدة التي نشرتها منذ انتهاء زمالتي. وأغلب هذه المشكلات يتعلق بالدور الرئيسي الذي يلعبه أحد علماء الميتافيزيقا في بحث علمي

جديد. ويبحث آخرون في الطريقة التي تتجمع فيها الأسس التجريبية لنظرية جديدة يقارنها آخرون ملتزمون بنظرية أقدم وأقل اكتمالاً. وعلى هذا النحو يصفون صورة التطور الذي أطلقت عليه من قبل «ظهور» نظرية جديدة أو اكتشاف جديد. وبجانب كل هذا هناك روابط أخرى.

ولقد بدأت المرحلة النهائية في تطور هذه المقالة بدعوة لقضاء عام ٥٨ ـ ١٩٥٩ في مركز الدراسات المتقدمة في العلوم السلوكية. وكنت قادراً مرة أخرى على الاهتمام بالمشكلات التي ناقشتها من قبل، وأكثر أهمية من ذلك العام الذي قضيته في مجتمع يتألف أساساً من علماء اجتماع واجهوني بمشكلات غير واردة حول الفوارق بين هذه المجتمعات ومجتمعات علماء الطبيعة الذين تدربت في وسطهم. ولقد صدمت بصفة خاصة بعدد وحجم الخلافات الواسعة بين علماء الاجتماع حول طبيعة المشكلات العلمية والمناهج العلمية المشروعة أيضاً. وقد جعلني التاريخ، وكذلك المعرفة بالاتصال المباشر، أشك في أن الذين يمارسون العلوم الطبيعية لديهم إجابات أكثر رسوخاً وأطول عمراً على هذه الأسئلة من زملائهم في العلوم الاجتماعية. ولكن ممارسة الفلك والفيزياء والكيمياء والبيولوجيا (علم الأحياء) عادةً ما تفشل في إثارة المجادلات حول الأسس التي تبدو الآن دائرة بين علماء النفس وعلماء الاجتماع. إن محاولة اكتشاف مصدر هذا الخلاف أدى إلى التعرف على الدور الموجود في البحث العلمي والذي أسميته منذ ذلك الوقت «النماذج» Paradigms. ولقد اعتبرت هذه إنجازات علمية متعارف عليها دولياً حيث أنها تقدم لفترة ما مشكلات موديل Model problems وكذلك الحلول لمجتمع الممارسين. وفي الوقت الذي ظهرت فيه حيرتي في هذا الشأن سرعان ما ظهرت مقالتي هذه.

والتاريخ التالي لظهور هذه المقالة ليس بحاجة إلى النظر فيه هنا،

ولكن يجب علي أن أقول كلمات قليلة عن الصورة التي أحتفظ بها أثناء عرض الآراء. وإلى أن نقلت أول ترجمة بصورة مكتملة وموسعة، اقترحت أن المخطوط سوف يظهر على شكل كتاب في دائرة معارف العلم الموحد. وفي بادىء الأمر تهافت الناشرون على هذا العمل الرائد ثم تركوني بعد ذلك ألتزم به، وفي النهاية انتظروا بصبر لا ينفذ نتيجة هذا العمل. وأنا مدين إليهم كثيراً، خاصة إلى تشارلز موريس على اتباعه للهدف الأساسي وعلى نصحه لي بخصوص المخطوطة التي نتجت عن ذلك. ومع ذلك فإن حدود المكان الخاص بدائرة المعارف جعلت من الضروري أن أقدم وجهات نظري في صورة مكثفة جداً وقائمة على خطة. وعلى الرغم من أن الأحداث المتتابعة قد خففت من هذه القيود وجعلت من الممكن وجود النشر المستقبل، فإن هذا العمل يظل مقالة أكثر منه كتاباً كاملاً يحتاجه موضوعي.

ولما كانت موضوعاتي الرئيسية من أجل الحث على تغيير تصور وتقييم المعطيات المألوفة، فإن السمة الفكرية لهذا التقديم لا تحتاج إلى العودة للوراء، بل على العكس من ذلك فإن القراء الذي يعدهم بحثهم لنوع من إعادة التوجيه قد يجدون صورة المقالة أكثر اقتراحاً وأسهل استيعاباً، ولكن لها مساوىء إلى جانب هذا، وهذه المساوىء قد تبرر تفسيري الذي أوردته في البداية لأنواع التوسع في النطاق والعمل، حتى أنني آمل أن تدخل ضمن ترجمة أطول. وهناك دليل آخر علاوة على هذا يأتي من تاريخ علم الأحياء وعلم الفيزياء. وقراري هو أن أهتم هنا بعلم الفيزياء، وقد اتخذت هذا القرار لأزيد من تجانس هذه المقالة من ناحية، وكذلك اتخذت هذا القرار بناء على أسس منافسة حالية. وبالإضافة لذلك فإن وجهة نظر العلم التي على وشك أن تتطور هنا تفرض اقتراحاً بالنتائج المثمرة لعدد من أنواع البحث الفكرية الجديدة، سواء أكانت تاريخية أو اجتماعية. على سبيل المثال نجد أن الطريقة التي تجذب بها القياسات الشاذة أو انتهاكات التوقع الاهتمام

المتزايد بالمجتمع العلمي تحتاج إلى دراسة مفصلة، كما يحدث الأمر مع ظهور الأزمات التي تسبب توافقاً شاذاً. أو بشكل آخر، إذا كنت محقاً، فإن كل ثورة علمية تغير المنظور التاريخي للمجتمع الذي يخوضها، عندئذٍ فإن هذا التغير في المنظور يؤثر على هيكل كتب النصوص التي تلت الثورة ونشرات الأبحاث. ومثل هذا التأثير يجب أن يدرس باعتباره فهرساً ممكناً بالنسبة لحدوث الثورات.

ولقد أجبرتني الحاجة إلى الخوض في مناقشة عدد من المشكلات الرئيسية. وتمييزي بين الفترات السابقة للنموذج واللاحقة لها في تطور العلم يعتبر على سبيل المثال قائماً على خطة إلى حد كبير. وكل مدرسة يميز فيها التنافس الفترة السابقة يوجهها شيء ما مثل النموذج، وهناك ظروف - رغم أنها نادرة في اعتقادي - في ظلها يمكن أن يوجد نموذجان معاً في الفترة اللاحقة. ومجرد الحصول على النموذج لا يعد معياراً كافياً جداً بالنسبة لمرحلة الانتقال التطورية التي نوقشت في الفصل الثاني. والأهم من ذلك أنني لم أقل شيئاً عن الدور الذي يلعبه التقدم التكنولوجي أو الظروف الاجتماعية والاقتصادية والفكرية في تطور العلوم. ومع ذلك فالمرء ليس بحاجة إلى أن ينظر إلى ما هو أبعد من كوبر نيكوس والتقويم الخاص باكتشاف أن الظروف الخارجية قد تساعد في تحول مجرد قياس شاذ داخل مصدر الأزمة الحادة. ونفس المثال يوضح الطريقة التي قد تؤثر بها الظروف الخارجة عن العلوم على نطاق البدائل المتاحة للإنسان الذي يسعى لوضع حد للأزمة عن طريق اقتراح إصلاح ثوري أو آخر.

والاهتمام بهذه المؤثرات وما شابهها لن يعدل في اعتقادي من المقالات الرئيسية التي تطورت في هذا البحث. ولكنه يضيف بالتأكيد بعداً تحليلياً للأهمية القصوى الخاصة بتفهم التقدم العلمي.

وأخيراً والأهم من ذلك كله ، فإن حدود المكان أثرت تأثيراً بالغاً في معالجتي للموضوعات الفلسفية لوجهة النظر التي يعرضها هذا البحث فيما يتعلق بالعلم . ومن الواضح أن هناك مثل هذه المفاهيم ، ولقد حاولت أن أحدد المفاهيم الرئيسية وأسجلها . لكن في ظل هذا فقد امتنعت عن المناقشة التفصيلية للمواقع المختلفة التي يحتلها الفلاسفة المعاصرون بناء على مصادر مطابقة . وحيث أنني أشرت إلى الشكية فإنني أتوجه نحو وجهة النظر الفلسفية بصورة أكبر من وجهة نظر خاصة بتعبيرات فنية تماماً . ونتيجة لذلك فإن بعض هؤلاء الذين يعرفون ويعملون في أحد هذه المراكز الفنية قد يشعرون أنني لم أتحدث عنهم . وأنني أعتقد أنهم على خطأ، غير أن هذه المقالة لم تكن ترمي إلى إقناعهم ، لأن محاولة ذلك تتطلب نوعاً مختلفاً جداً من الكتب .

إن الشذرات التي تحمل سير الحياة والتي تفتتح بها هذه المقدمة سوف تساعد على التعرف على ما يمكن أن أعرفه من أنني مدين إلى أعمال العلماء والمؤسسات التي ساعدت في إعطاء صورة لتفكيري . وسوف يظهر ذلك في الصفحات التالية ، على أنه ليس هناك شيء ذكر من قبل أو بعد ذلك يركز أكثر على عدد وطبيعة التزاماتي الشخصية إلى الأفراد الكثيرين الذين ساعدتني اقتراحاتهم وانتقاداتهم في وقت أو آخر في توجيه تطوري الفكري . وقد مر زمن طويل منذ بدأت الأفكار في هذا البحث تأخذ شكلها ، وهناك قائمة لكل هؤلاء الذين يجدون بعض علامات تأثيرهم في صفحات هذا البحث جنباً إلى جنب مع قائمة بأصدقائي ومعارفي . وفي ظل الظروف يجب أن أضع القيد أمام نفسي على المؤثرات القليلة التي لم تسعفني بها الذاكرة تماماً .

كان جيمس . ب . كونانت الذي صار عندئذٍ رئيساً لجامعة هارفارد أول من قدمني إلى تاريخ العلم ، ومن ثم بدأ التحول في تصوري بطبيعة

التقدم العلمي. ومنذ أن بدأت تلك العملية فقد كان كريماً في أفكاره وانتقاداته ووقته بما فيه الوقت المطلوب لقراءة واقتراح تغيرات هامة في خطة بحثي. وكان ليونارد. ك. ناش الذي درست معه لمدة خمس سنوات منهج التاريخ، رفيقاً نشيطاً متعاوناً معي في خلال السنوات التي بدأت فيها أفكاري تتشكل لأول مرة. وقد افتقدته كثيراً في المراحل المتأخرة من تطور هذه الأفكار. ومع ذلك فلحسن الحظ، بعد مغادرتي كيمبردج احتل مكانه زميلي ستانلي كافيل، وهو فيلسوف اهتم أساساً بالأخلاق والجمال، وتوصل إلى نتائج متطابقة مع نتائجي وكانت تمثل مصدراً مستمراً لتشجيعي وإثارة اهتمامي. وعلاوة على ذلك فإنه الشخص الوحيد الذي كنت أستطيع أن أكشف له عن أفكاري في عبارات غير كاملة، وصورة الاتصال هذه تتطلب تفهماً مكنه من أن يحدد لي الطريق خلال العوائق الكبرى التي واجهتها إبان إعدادي لأول مخطوطاتي.

ولما كانت هذه النقلة مخططة فقد ساعد أصدقاء كثيرون آخرون في إصلاح مسارها. وأعتقد أنهم سوف يسامحونني إذا حددت فقط الأربعة الذين وضح أن إنجازاتهم ومساهماتهم بعيدة المدى وحاسمة، وهم: بول. ك. فيرابند من بيركلي، وأرنست نايجل من كولومبيا، وهـ. بيير نويس صاحب معمل إشعاع لورانس، ثم تلميذي جون. ل. هيليرون الذي عمل جنباً إلى جنب معي في إعداد ترجمة نهائية للنشر. ولقد اكتشفت أن كل تحفظاتهم واقتراحاتهم مفيدة للغاية، ولكن ليس لدي أي سبب يجعلني أعتقد أنهم، أو آخرين غيرهم، ذكروا من قبل يستحسنون المخطوطة التي نتجت عن عملي هذا.

والاعتراف الأخير بالفضل إلى والداي وزوجتي وأبنائي وهو فضل مختلف. فقد ساهم كل منهم بمقومات فكرية معينة إلى عملي هذا.

وبدرجات متفاوتة قدموا لي جميعهم أشياء هامة للغاية. فقد ساعدوني على الاستمرار في العمل وشجعوني على أن أكرس وقتي له. وأي شخص يتعرض لمشروع عمل كالذي قمت به سوف يعرف ما يتحملونه جميعاً. وأنا لا أعرف كيف أقدم لهم الشكر.

توماس كون

بيركلي ـ كاليفورنيا
فبراير، ١٩٦٢

الفصل الأول

مدخل
دور التاريخ

إذا نظرنا إلى التاريخ على أنه أكثر من تسجيل لحكايات أو تسجيل زمني ، فإنه يقدم تحولاً حاسماً في صورة العلم التي نحن بصددها الآن . وقد تشكلت هذه الصورة من قبل على يد العلماء أنفسهم خاصة من دراسة الإنجازات العلمية المكتملة كما سجلت في الدراسات القديمة ، وفي كتب النصوص (المصادر) التي يتعلم منها كل جيل علمي جديد كيف يمارس مهنته . ومع ذلك فإن هدف مثل هذه الكتب يكون إقناعياً وتعليمياً ، ولا يتناسب مفهوم العلم الناتج عن هذه الكتب مع الفكرة التي قدمتها أكثر من تناسبها مع صورة للثقافة القديمة المشتقة من دليل سائح أو نص لغوي . وتحاول هذه المقالة أن تبين أن هذه الكتب قد ضللتنا في جوانب أساسية ، كما أن الهدف من هذه المقالة استنباط مفهوم مختلف تماماً للعلم الذي يمكن أن ينشأ عن التسجيل التاريخي لفاعلية البحث ذاته .

ومع ذلك فإن هذا التصور الجديد لن يكون متوقعاً من التاريخ إذا استمر البحث عن المعطيات التاريخية Historical data يهدف أساساً إلى الإجابة على الأسئلة التي وضعها تسجيل غير تاريخي لا أصالة فيه ناتج عن نصوص العلم . وعلى سبيل المثال فإن هذه النصوص غالباً ما يبدو أنها تشير إلى أن محتوى العلم يتضح بصورة فريدة بفعل الملاحظات والقوانين والنظريات التي توصف على صفحاتها (صفحات النصوص) وبصورة منتظمة

تقريباً تقرأ هذه الكتب نفسها على أساس أنها تقول أن المناهج العلمية هي ببساطة المناهج التي تكشف عنها الفنون البارعة التي تستخدم في جمع حقائق كتب المعطيات مع العمليات المنطقية Logical Operations التي تستخدم في ربط هذه المعطيات بالتعميمات النظرية Theoretical generalizations لكتب النصوص. وكانت النتيجة تصوراً للعلم مع تضمنات أساسية حول طبيعة العلم وتطوره.

وإذا كان العلم مجموعة وقائع ونظريات ومناهج جمعت كلها في النصوص، عندئذٍ فإن العلماء هم الرجال الذين يصادفون النجاح أو الفشل في كفاحهم من أجل المساهمة بعنصر أو آخر في هذه المجموعة. ويصبح التطور العلمي هو العملية الجزئية التي تضاف بها هذه البنود فرادي ومجتمعة إلى التطور الذي يؤلف التكنيك العلمي والمعرفة. ويصبح تاريخ العلم نظاماً يؤرخ هذه الإضافات المتتابعة والعوائق التي تحول دون تراكمها. وعندما يهتم المؤرخ بالتطور العلمي يظهر أمامه عملان أساسيان. فمن ناحية يجب عليه أولاً أن يحدد على يد من الرجال وعند أي نقطة من النقاط زمناً اكتشفت الواقعة العلمية المعاصرة أو اخترعت النظرية. ومن ناحية أخرى ينبغي عليه ثانياً أن يصف ويشرح عوامل الخطأ والأسطورة Myth والخرافة التي منعت التراكم السريع لمحتويات النص العلمي الحديث. لقد كرست أبحاث كثيرة من أجل هذه الغايات، وبعضها لا يزال يسعى إلى ذلك.

ومع ذلك ففي السنوات الأخيرة وجد قليل من مؤرخي العلم أنه من الصعوبة بمكان إنجاز الوظائف التي يفرضها عليهم تصور التطور بفعل التراكم. وشأنهم شأن مؤرخي العملية الإضافية يكتشفون أن البحث الإضافي يجعل من الأصعب وليس من الأسهل، الإجابة على الأسئلة من النوع التالي: متى اكتشف الأوكسجين؟ ومن أول من تعرف على مبدأ حفظ

الطاقة؟ وأكثر من ذلك فإن قليل منهم يشكون في أن هذه الأسئلة ببساطة تعتبر أنواعاً خاطئة من الأسئلة. وربما لا يتطور العلم بفعل تراكم الاكتشافات الفردية والابتكارات الشخصية. وفي نفس الوقت يواجه نفس هؤلاء المؤرخين صعوبات متزايدة في تمييز المكون «العلمي» للملاحظة السابقة وللاعتقاد السابق عن الأخطاء التي تعرض لها السابقون. وكلما اهتموا بدراسة الديناميكا الأرسطية أو كيمياء الاحتراق أو الديناميكا الحرارية، كلما تأكد شعورهم من أن هذه الأفكار التي سادت في وقت ما عن الطبيعةليست بصفة عامة أقل علمية، وليست أكثر إنتاجاً للتمييز الإنساني من الأفكار السائدة الآن. وإذا كانت هذه المعتقدات القديمة يمكن أن يطلق عليها أساطير، عندئذٍ فإن الأساطير يمكن أن تقدم بنفس النوع من المناهج وتتقدم بنفس الأسباب التي تؤدي الآن إلى المعرفة العلمية. وإذا كانت هذه يمكن أن يطلق عليها علماً، عندئذٍ فإن العلم يتضمن اعتقادات لا تتطابق تماماً مع المعتقدات التي تأخذ بها الآن. وعندما يتناول المؤرخ هذه البدائل، فعليه أن يختار البديل الآخر. وليست النظريات القديمة أساساً غير علمية بسبب الاستغناء عنها. ومع ذلك فهذه الملحوظة تجعل من الصعب اعتبار **التطور العلمي عملية تراكم**. ونفس البحث التاريخي الذي يواجه الصعوبات في عزل الاختراعات والاكتشافات الفردية يعطي أساساً لشكوك جوهرية حول العملية التراكمية التي يعتقد أن الإسهامات الفردية للعلم تتألف منها.

ونتيجة كل هذه الشكوك والصعوبات كانت الثورة التاريخية الجغرافية Historiographic revolution في دراسة العلم على الرغم من أنها كانت لا تزال في مراحلها الأولى. وتدريجياً وبغير إدراك تام لما يفعلونه، بدأ مؤرخو العلم يسألون أنواعاً جديدة من الأسئلة ويتتبعون خطوطاً تطورية مختلفة من أجل العلوم. وعلاوة على أنهم يسعون إلى الإنجازات البارزة لعلم سابق

(قديم) . على فترتنا فإنهم يحاولون عرض التكامل التاريخي لهذا العلم في زمنه الذي ظهر فيه . وهم على سبيل المثال لا يسألون عن علاقة أفكار جاليليو بأفكار العلم الحديث ، لكنهم يسألون عن العلاقة بين أفكاره وأفكار المجموعة المعاصرة له مثل أساتذته ومعاصريه وخلفائه المباشرين في العلوم . وأكثر من ذلك فهم يؤكدون على دراسة آراء كل هذه المجموعة والآراء الأخرى المشابهة من منطلق يختلف عادةً عن العلم الحديث ـ يعطي هذه الآراء الحد الأقصى من الترابط الداخلي والملائمة الممكنة للطبيعة . وبالنظر إلى الأعمال الناتجة عن ذلك ، وهي الأعمال التي تفسر جيداً في كتابات الكسندر كوريه . لا يبدو العلم يمثل نفس المشروع الذي ناقشه الكتاب بالتقليد التاريخي الجغرافي القديم . وما يتضمنه هذا هو أن الدراسات التاريخية تقترح علينا إمكانية وجود صورة جديدة للعلم ، وتهدف هذه المقالة إلى تحديد هذه الصورة عن طريق توضيح بعض التضمنات التاريخية الجغرافية الجديدة .

أي جوانب العلم تنشأ وتبرز في نطاق هذا الجهد؟ أولاً عدم كفاية التوجيهات الميثودولوجية لوضع نهاية جوهرية فريدة لأنواع كثيرة من التساؤلات العلمية . وإذا طلب من إنسان بحث ظاهرة كهربائية أو كيميائية وهو الإنسان الذي يجهل هذه المجالات ، ولكنه يعرف ما ينبغي اعتباره علماً ، عندئذٍ فقد يتوصل بصورة مشروعة إلى أي من النتائج التي لا تقبل الاتفاق . وبين هذه الإمكانات المشروعة تكون النتائج الخاصة التي يتوصل إليها محددة بتجربته السابقة في مجالات أخرى ، ومحددة بما صادفه في بحثه ، وكذلك تكون هذه النتائج محددة بابتكاره الفردي الخاص به . وعلى سبيل المثال ما هي المعتقدات التي ترافقه في دراسة الكيمياء أو الكهرباء وتكون هذه المعتقدات حول النجوم؟ وأي التجارب الكثيرة التي أدركها ملائمة للمجال الجديد الذي اختار العمل فيه أولاً؟ وما هي جوانب الظاهرة المركبة

التي تنشأ عندئذٍ أمامه متطابقة مع توضيح أو تفسير لطبيعة التغير الكيميائي أو العلاقة الكهربائية؟ وبالنسبة للفرد على الأقل، وأحياناً بالنسبة للمجتمع العلمي، تكون إجابات مثل هذه التساؤلات محددات أساسية للتطور العلمي. وسوف نلاحظ مثلاً في الفصل الثاني أن مراحل التطور الأولى لمعظم العلوم تتميز بمنافسة مستمرة بين عدد من الآراء المميزة عن الطبيعة والتي تتطابق مع الملاحظة العلمية والأسلوب العلمي. إن ما يميز هذه المدارس المختلفة ليس إخفاقاً في الأسلوب فجميعها مدارس علمية، ولكن ما سوف نهتم به هو طرق هذه المدارس التي لا حصر لها في رؤية العالم وممارسة العلم في هذا العالم. إن الملاحظة والتجربة يمكن ويجب أن تحددا تماماً نطاق المعتقد المعترف به وإلا لما كان هناك علم. ولكن الملاحظة والتجربة لا يمكن أن تحددا وحدهما هيكلاً خاصاً لمثل هذا الاعتقاد. وهناك عنصر بديهي واضح يتكون من الحدث الشخصي والتاريخي وهو مقوم من مقومات المعتقدات التي تبناها مجتمع علمي بالذات في وقت بالذات.

ومع ذلك فلا يدل عنصر العشوائية هذا على أن أي جماعة علمية يمكن أن تمارس مهنتها بدون مجموعة معينة من المعتقدات المتبناة. وهذا العنصر لا يجعل الالتزام بمجموعة خاصة من المعتقدات أقل احتمالاً. ويندر أن يبدأ البحث الفعال قبل أن يفكر المجتمع العلمي أنه حاصل على إجابات ثابتة ومؤكدة على تساؤلات من النوع التالي: ما هي الكيانات الأساسية التي يتألف منها الكون؟ وكيف تتفاعل هذه الكيانات مع بعضها ومع الإدراكات؟ وما هي التساؤلات التي تطرح بصورة مشروعة حول هذا الكيانات وما هي الأساليب الفنية التي تستخدم في السعي وراء الحلول؟ في العلوم الكاملة على الأقل تكون الإجابات على مثل هذه التساؤلات داخلة ضمن المبادرة التعليمية التي تجهز وتصرح للدارس بممارسة

محترفة . ولأن هذا التعليم صارم وشديد فإن هذه الإجابات سوف تمارس تأثيراً كبيراً على العقلية العلمية . وعندما نبحث في العلم السوي في الفصول الثالث والرابع والخامس سوف نصف هذا البحث بأنه محاولة قوية ومخلصة تأخذ الطبيعة بقوة إلى المفاهيم التي يقدمها التعليم المهني وفي نفس الوقت سوف نتساءل ما إذا كان البحث يستطيع أن يتقدم بدون هذه المفاهيم ، وسوف نسأل عن عنصر العشوائية في أصولها التاريخية ومن وقت لآخر سنبحث التطور المتتابع لهذه المفاهيم .

غير أن عنصر العشوائية هذا موجود وله أيضاً تأثير هام على التطور العلمي ، وهو ما سوف نبحثه تفصيلاً في الفصول السادس والسابع والثامن . والعلم السوي وهو العلم الذي يقضي فيه معظم العلماء كل حياتهم تقريباً يستدل عليه على افتراض أن المجتمع العلمي يعرف ماذا يشبه هذا العالم . وكثير من النجاح الذي حققه هذا العمل يأتي من إرادة المجتمع في الدفاع عن هذا الافتراض ، مضحياً إذا لزم الأمر بالكثير، والعلم السوي مثلاً غالباً ما يمحو الاكتشافات الأساسية لأنها بالضرورة تهدم التزاماته الرئيسية . وعلى الرغم من ذلك فلما كانت هذه الالتزامات تبقى على عنصر العشوائية فإن نفس طبيعة البحث السوي تؤكد أن الابتكار لن ينمحي لفترة طويلة . وأحياناً نجد أن المشكلة العادية التي يجب أن تحل بالقواعد والإجراءات المعروفة تقاوم الهجوم المرتد من أقوى أعضاء الجماعة التي ينصب فيها هذا الصراع . وفي أحيان أخرى يفشل جزء من الآلة المصممة لغرض البحث العادي في العمل بالصورة المطلوب أن يشترك بها ، ويكشف عن شذوذ لا يمكن تتبعه - رغم المجهود المتكرر - بتوقع محترف (مهني) وبهذه الطرق وبطرق أخرى جانبية يضل العلم السوي طريقه مراراً . وعندما يحدث للعلم السوي هذا عندئذٍ تبدأ الأبحاث الشاذة التي تأخذ الحرفة في نهاية الأمر إلى مجموعة جديدة من الالتزامات ، وإلى قواعد جديدة لممارسة العلم . والصدف

الشاذة التي يحدث فيها هذا التحول في الالتزامات المهنية (الحرفية) هي التي تعرف في هذه المقالة بالثورات العلمية، إنها استكمالات التقليد المبعثر للتقليد المترابط في العلم السوي.

إن أكثر الأمثلة وضوحاً على الثورات العلمية هي تلك الصدف المشهورة في التطور العلمي الذي وقع تحت طائلة الثورات من قبل. لذلك ففي الفصلين التاسع والعاشر اللذان يتعلقان بطبيعة الثورات العلمية، سنعني مراراً بنقط التحول الكبرى في التطور العلمي المرتبط بأسماء مثل كوبرنيكوس ونيوتن ولافوازييه وأينشتين. وهذه الأسماء تعرض المجال الذي تدور حوله الثورات العلمية كلها بأكثر من غيرها في التاريخ العلمي وعلى الأقل في العلوم الطبيعية. وقد ساهم كل منهم بنظرية علمية ألزمت المجتمع بتغيير نظرية سابقة. وكل منهم قدم تحولاً في المشكلات المتاحة للبحث العلمي وفي المستويات التي تحدد بها الحرفة (المهنة) ما يجب اعتباره مشكلة معترف بها أو حل لمشكلة مشروعة. وكل منهم حول التصور العلمي بطرق سوف نحتاج في النهاية إلى وصفها باعتبارها تحولاً للعالم الذي يعمل فيه البحث العلمي. وهذه التغيرات بما صاحبها من تناقضات تعتبر مميزات محددة للثورات العلمية.

إن هذه المميزات تنشأ بصفة خاصة من دراسة ثورة نيوتن أو الثورة الكيميائية. ومع ذلك فإن الموضوع الأساسي في هذه المقالة (هذا البحث) هو أن هذه المميزات يمكن أن تنشأ أيضاً عن دراسة حوادث كثيرة أخرى لا تكون ثورية بشكل واضح. وبالنسبة إلى المجموعة الحرفية (المحترفة) الأقل من هؤلاء والذين تأثروا بهم، كانت معادلات ماكسويل ثورية شأنها في ذلك شأن معادلات أينشتين، ومن ثم فقد لاقت معارضة بناء على ذلك. ويثير اختراع النظريات الأخرى الجديدة نفس رد الفعل من بعض المتخصصين التي تصطدم بنطاق منافستهم الخاصة. وتتطلب النظرية

الجديدة بالنسبة لهؤلاء تغييراً في القواعد التي تحكم الممارسة السابقة، (الأولى) للعلم السوي. ولذلك فهي تنعكس على أعمال علمية كثيرة أتموها بالفعل بنجاح. هذا هو السبب في أن النظرية الجديدة مهما كان نطاق تطبيقها تكون نادراً بمثابة إضافة لما هو معروف بالفعل. واستيعاب هذه النظرية يتطلب إعادة بناء النظرية السابقة وإعادة تقييم للحقيقة السابقة، وهي عملية ثورية يندر أن تكتمل على يد رجل واحد أو بين يوم وليلة. ولا عجب من أن المؤرخين قد واجهوا صعوبة في تأريخ دقيق لهذه العملية حتى أن مفرداتهم دفعتهم إلى اعتبار هذا حدثاً مستقلاً.

وليست الابتكارات الجديدة للنظرية هي الأحداث العلمية الوحيدة التي لها تأثير ثوري على المتخصصين الذين تقع هذه الأحداث في نطاق عملهم. إن الالتزامات التي تحكم العلم السوي لا تحدد فحسب أي أنواع الكيانات يحتويها العالم ولكن أيضاً يحدد تلك التي لا يحتويها العالم. ويتبع ذلك أن اكتشافاً مثل اكتشاف الأكسجين أو أشعة أكس لا تضيف ببساطة مبدءاً واحداً إلى سكان عالم العلماء. إن الواقعة العلمية والنظرية لا ينفصلان نوعاً، فيما عدا في تقليد واحد خاص بالممارسة العلمية السوية. وهذا هو السبب في أن الاكتشاف الغير متوقع ليس ببساطة ـ حقيقة ـ وهو السبب أيضاً في أن عالم العلماء يتحول نوعاً ويثري كما وكيفاً بفعل الابتكارات الأساسية الخاصة بالواقعة أو النظرية.

إن هذا المفهوم الواسع لطبيعة الثورات العلمية هو المفهوم الذي تبنيناه في الصفحات التالية. وامتداد المفهوم على هذا النحو يحدد الاستعمال الشائع، وعلى الرغم من ذلك فسوف أستمر في الحديث حتى عن الاكتشافات باعتبارها ثورية، لأن هذا هو إمكانية ربط هيكلها بهيكل ثورة كوبر نيكوس التي تجعل المفهوم الواسع المدى يبدو غاية في الأهمية بالنسبة

لي. وتدل المناقشة السابقة على كيفية تطور التصورات التكميلية للعلم السوي وللثورات العلمية في الفصول التسعة التي تتبع ذلك مباشرة. وتحاول في بقية المقالة (البحث) طرح ثلاثة أسئلة محورية. وحيث يناقش الفصل الحادي عشر تقليد كتاب النصوص فإنه ينظر في السبب الذي يجعل الثورات العلمية يصعب للغاية رؤيتها. والفصل الثاني عشر يصف التنافس الثوري بين أصحاب التقليد العلمي العادي وأصحاب التقليد العلمي الجديد، ومن ثم فهو ينظر في العملية التي يجب أن تحل محل إجراءات التحقيق أو التكذيب التي صارت شائعة بسبب تصورنا المألوف للعلم. والتنافس بين قطاعات المجتمع العلمي هو العملية التاريخية الوحيدة التي تنشأ بالفعل من رفض نظرية كانت مقبولة فيما سبق أو في تبني نظرية أخرى. وأخيراً في الفصل الثالث عشر سنطرح التساؤل عن كيفية إمكان أن يكون التطور من خلال الثورات متطابقاً مع التميز الفردي للتقدم العلمي. ومع ذلك فرداً على هذا السؤال لن يقدم البحث أكثر من الخطوط الرئيسية للإجابة، وهي الإجابة التي تعتمد على مميزات المجتمع العلمي الذي يتطلب اكتشافاً ودراسة إضافيين.

ومما لا شك فيه أن بعض القراء سيتساءلون فعلاً عما إذا كانت الدراسة التاريخية يمكن أن تؤثر في نوع التحول في المفهوم وهو المقصود في هذا الصدد. وغالباً ما نقول أن التأريخ نظام وصفي خالص ومع ذلك فإن الموضوعات المقترحة فيما سبق غالباً ما تكون تفسيرية وأحياناً تكون على شكل قياس. وأقول مرة ثانية أن كثيراً من تعميماتي تدور حول علم الاجتماع أو الوضع السيكولوجي الاجتماعي للعلماء. ولكن على الأقل يختص قليل من نتائجي بصورة تقليدية بالمنطق أو الأبستمولوجيا (نظرية المعرفة). ويبدو أنني في الفقرة السابقة تجاوزت التميز المؤثر المعاصر بين «سياق الاكتشاف» و «سياق التبرير». هل يمكن لأي شيء أكثر من المشكلة

الأساسية أن يستدل عليه من هذا الخليط من المجالات والاهتمامات المختلفة؟

ولما كنت قد فطمت بصورة عقلية على هذه الاختلافات وما شابهها فإنني يندر أن أكون مدركاً لقوتها وسيطرتها ولسنوات عديدة كنت أتناول هذه الاختلافات على أنها حول طبيعة المعرفة، وما زلت أعتقد أن لهذه الاختلافات شيئاً هاماً تخبرنا به. عندئذٍ فإن محاولاتي لتطبيقها على المواقف الفعلية التي يحصل منها على المعرفة جعلتها تبدو مشكلة غير عادية (شاذة). وعلاوة على كونها اختلافات منطقية بصفة أساسية أو اختلافات ميثودولوجية فهي تبدو الآن أجزاء مكملة لمجموعة تقليدية من الإجابات الجوهرية على نفس الأسئلة التي طرحت. وهذه الدائرة لا تجعلها غير ملزمة على الإطلاق، وإنما تجعلها أجزاء من نظرية وتخضعها بذلك إلى نفس البحث الذي يطبق بصورة منتظمة على النظريات في مجالات أخرى. وإذا كان لها أكثر من تجريد خالص كمحتواها، عندئذٍ ينبغي أن يكتشف هذا المحتوى عن طريق ملاحظتها من خلال تطبيقها على الحقائق التي ترمي إلى توضيحها. كيف يمكن أن يفشل تاريخ العلم في أن يكون مصدراً لظواهر يطلب أن يطبق عليها نظريات حول المعرفة بصورة مشروعة؟.

الفصل الثاني

الطريق إلى العلم السويّ

في هذه المقالة يعني العلم السوي البحث الذي يقوم على أحد الإنجازات العلمية السابقة أو أكثر، أي الإنجازات التي يعرفها مجتمع علمي معين لفترة ما بأنها هي التي تمده بالأساس لممارساته. ومثل هذه الإنجازات أعيد النظر فيها ـ على الرغم من أن إعادة النظر هذه يندر أن تمسي صورتها الأصلية ـ عن طريق كتب النصوص العلمية البدائية والمتقدمة. وتعرض هذه الكتب هيكل النظرية المقبولة، وتشرح كثيراً من تطبيقاتها الناجحة أو كلها، وتقارن هذه التطبيقات بالملاحظات والتجارب. وقبل أن تصبح هذه الكتب شائعة (عامة) في أوائل القرن التاسع عشر قامت دراسات كلاسيكية معروفة للعلم بإتمام عمل مشابه لذلك. وعلى سبيل المثال فطبيعيات أرسطو Physica والمجسطي لبطلميوس ومبادىء نيوتن Principia والكهرباء Electricity لفرانكلين والكيمياء لصاحبها لافوازييه وكتاب الجيولوجيا لصاحبه لايل Lyell كل هذه الأعمال وأعمال أخرى كثيرة ساعدت لفترة ما في تحديد المشكلات المشروعة وأساليب البحث في مجال ما لأجيال متعاقبة. لقد استطاعوا أن يفعلوا ذلك لأنهم اشتركوا في صفتين أساسيتين. فالإنجاز الذي قدموه لم يكن سابقاً بدرجة كافية لجذب مجموعة من الاتباع بعيداً عن صور المنافسة في النشاط العلمي. وفي الوقت نفسه كان من الواضح بدرجة كافية ترك كل أنواع المشكلات لمجموعة من الاتباع يعاد تحديدها ليقوموا بحلها.

وسوف أشير إلى الإنجازات التي تشترك في هاتين الصفتين بعبارة «نماذج» وهي عبارة ترتبط جداً «بالعلم السوي» وعندما اخترت هذه العبارة كنت أعني أن أقترح أن بعض الأمثلة المقبولة للمارسة العلمية الفعلية ـ وهي الأمثلة التي تتضمن القانون والنظرية والتطبيق واستخدام الأدوات ـ تقدم موديلات تنشأ عنها تقاليد خاصة مترابطة في البحث العلمي. وهذه هي التقاليد التي يصفها المؤرخ بعناوين واضحة مثل «فلك بطلميوس» أو «كوبرنيكوس» أو «الديناميكا الأرسطية» أو «النيوتونية» أو «بصريات نيوتن» أو «البصريات الموجية»، وما إلى ذلك. إن دراسة النماذج بما فيها تلك النماذج الكثيرة الأكثر تخصصاً من النماذج التي وضحناها من قبل هي الدراسة التي تعد الدارس أساساً للعضوية في المجتمع العلمي الخاص الذي سيمارس فيه نشاطه فيما بعد. ولأنه يلحق في هذا المجتمع بأناس يعرفون أسس مجالهم هذا من خلال الموديلات العينية الدقيقة، فإن ممارسته فيما بعد لذلك يصعب أن تثير اختلافاً ظاهراً حول الأساسيات. والرجال الذين يقوم بحثهم على النماذج المشتركة يلتزمون بنفس القواعد والمعايير في الممارسة العلمية. وهذا الالتزام والاتفاق الواضح ينشأ عنه شرطان أساسيان للعلم السوي، أعني وجود واستمرار تقليد بحث معين.

ولأن مفهوم النموذج في هذا البحث سيكون في الغالب بديلاً لتصورات متباينة ومألوفة فسوف يستدعي ذلك أن نقول الكثير عن أسباب تقديم هذا المفهوم. ما هو السبب في أن الإنجاز العلمي الدقيق ـ كبؤرة للالتزام المحترف يكون سابقاً على المفاهيم المختلفة والقوانين والنظريات المتباينة والآراء التي قد تكون مجردة منه؟ وبأي المعاني يكون النموذج المشترك وحدة أساسية لدارس التطور العلمي، وحدة لا يمكن إخضاعها تماماً لعناصر ذرية منطقية قد تؤدي وظيفتها في وجوده؟ عندما نواجه ذلك في الفصل الخامس فسوف توضح الإجابات على هذه الأسئلة وما شابهها أنها إجابات أساسية

لفهم العلم السوي ومفهوم النماذج المرتبطة به. ومع ذلك فسوف تعتمد هذه المناقشة المجردة على عرض سابق للأمثلة الخاصة بالعلم السوي أو عرض للنماذج السائدة. وبصفة خاصة فإن هذه المفاهيم المرتبطة سوف تتضح بملاحظة أن هناك إمكان لوجود نوع من البحث العلمي بدون النماذج. أو على الأقل بدون توافق وارتباط مثل النماذج التي أسميناها من قبل. والحصول على النموذج وعلى النمط المستتر للبحث الذي يسلح به هو دليل أو علامة على النضوج في التطور في أي مجال علمي.

وإذا تتبع المؤرخ المعرفة العلمية لأي مجموعة مختارة من الظواهر المترابطة التي ترجع إلى وقت ما فمن المرجح أنه سيواجه تنوعاً صغيراً في النموذج Paradigm الذي اتضح هنا من تاريخ علم البصريات الفيزيائية. وتخبر كتب النصوص الطبيعية (الفيزيائية) الدارس الآن بأن الضوء هو الفوتون (Photon) - أي هو الوحدات الميكانيكية الكمية التي تعرض بعض خواص الموجات وبعض الجزئيات. ويتقدم البحث تبعاً لذلك، أو تبعاً للتشخيص الرياضي الذي ينشأ عنه هذا التعميم المعتاد. ومع ذلك فإن تشخيص الضوء هذا يندر وجوده في نصف قرن سابق. وقبل أن يتطور على يد بلانك Planck وأينشتين Einstein وغيرهما في هذا القرن، علمت النصوص الطبيعية (الفيزيائية) أن الضوء حركة موجية انعكاسية، وهو تصور يرجع في جذوره إلى النموذج الذي نتج أخيراً عن الكتابات البصرية التي قدمها يونج Young وفرسنيل Fresnel في أوائل القرن التاسع عشر. ولم تكن نظرية الموجات هي أول ما واجه كل المهتمين تقريباً بعلم البصريات. ففي خلال القرن الثامن عشر قدم نيوتن في «بصرياته» النموذج لهذا المجال، تلك البصريات التي علمت أن الضوء جسميات مادية. وفي هذا الوقت بحث علماء الفيزياء عن الدليل على الضغط الناتج عن جزئيات الضوء التي تصطدم بأجسام صلبة.

إن هذه التحولات في نماذج علم البصريات في الفيزياء هي ثورات علمية، والتحول الذي تبع هذا من نموذج إلى آخر في طريق الثورة هو النموذج التطوري المعتاد للعلم المكتمل النضوج. ومع ذلك فليس هذا هو الباترون الخاص بالفترة السابقة على عمل نيوتن، وهذا هو التناقض الذي يعنينا هنا. ولم تكشف فترة بين القديم البعيد ونهاية القرن السابع عن وجهة نظر واحدة قبلت بصفة عامة حول طبيعة الضوء. وبدلاً من ذلك كانت هناك أعداد من المدارس المتنافسة وفروعها، معظمها يتبنى نظرية أبيقور أو نظرية أرسطو أو نظرية أفلاطون. واعتبرت مجموعة أن الضوء جزئيات ناتجة عن أجسام مادية، ومجموعة أخرى رأت أن الضوء تعديل للوسيط الذي يتداخل بين الجسم والعين. وما زال الضوء يفسر بعبارات أخرى مثل القول بأنه تفاعل الوسيط مع الانبثاق من العين. وهناك اتحادات أخرى وتعديلات إلى جانب ذلك. وكل مدرسة من المدارس استمدت قوتها من علاقاتها بميتافيزيقا خاصة وكل منها مؤكدة، كملاحظات نموذجية، وهي تجمع الظواهر البصرية التي تعمل النظرية الخاصة بها على تفسيرها. وهناك ملاحظات أخرى اهتمت بهذه التفسيرات، أو بقيت كمشكلات بارزة في حاجة إلى بحث آخر.

وفي أزمنة مختلفة قامت كل هذه المدارس بإنجازات هائلة في صلب المفاهيم والظواهر والأساليب الفنية التي استمد منها نيوتن أول نموذج اتفق عليه تقريباً بالنسبة لعلم البصريات الفيزيائي. وأي تعريف يقدمه العالم يستبعد على الأقل الأعضاء المبتكرين في هذه المدارس المختلفة سوف يستبعد بالتالي خلفائهم الحديثين أيضاً. وكان هؤلاء الرجال علماء، ولكن أي شخص يبحث في مسح شامل للبصريات الفيزيائية قد ينتهي إلى أنه على الرغم من أن هؤلاء علماء إلا أن النتيجة الحاسمة لنشاطهم كانت شيئاً ما أقل من العلم، ولِمَ كان كل كاتب عن البصريات الفيزيائية غير قادر على أن

يتناول صلب المعتقدات. وعندما يفعل ذلك يكون اختياره الخاص بتأييد الملاحظة ـ والتجربة متحرراً نسبياً (أي مستقلاً نسبياً) لأنه ليس هناك مقياس وضع للأساليب أو الظواهر يستخدمه كل كاتب عن البصريات ويضطر إلى تفسيره. وفي ظل هذه الظروف فإن الحوار حول نتائج الكتب غالباً ما كان موجهاً إلى أعضاء المدارس الأخرى بقدر توجهه نحو الطبيعة. وهذا النموذج ليس غريباً في عدد من المجالات الخلاقة الآن وكذلك فهو ليس متنافياً مع الاكتشاف أو الابتكار الهائل. ومع ذلك فإنه ليس هو النموذج الخاص بالتطور الذي اكتسبته البصريات الفيزيائية بعد نيوتن. ويقدم تاريخ البحث الكهربائي في النصف الأول من القرن الثامن عشر مثالاً أكثر دقة وشهرة للأسلوب الذي يطوره العلم قبل أن يحصل على أول نموذج عام له. وأثناء تلك الفترة كانت هناك تقريباً وجهات نظر متعددة حول طبيعة الكهرباء كما كان هناك أصحاب تجارب كهربائية هامة مثل هاوكسبي Hauksbee وجراي Gray، وديساجوليه Desaguliers ودوفاي Dufay، ونوليت Nollett وواطسون، وفرانكلين وغيرهم آخرين. إن كل تصوراتهم (مفاهيمهم) عن الكهرباء كانت لها صفة مشتركة ـ حيث أنها نتجت عن ترجمة أو أخرى للفلسفة الميكانيكية التي قادت كل بحث علمي الآن. وبالإضافة إلى ذلك فجميع هذه المفاهيم كانت أجزاء من النظريات العلمية الحقيقية، وأجزاء من النظريات التي تشكلت في جزء منها من التجربة والملاحظة والتي حددت اختيار وتفسير المشكلات الإضافية التي تناولها البحث. ولكن على الرغم من أن كل التجارب كانت كهربائية، وعلى الرغم من أن معظم أصحاب التجارب يقرأون أعمال بعضهم البعض، إلا أن نظرياتهم لم يكن لها أكثر من تشابه أفراد الأسرة الواحدة.

وهناك مجموعة مبكرة من النظريات التي تلت ممارسة القرن السابع عشر اعتبرت الجذب والتوليد ظاهرة كهربائية أساسية. وظهر أن هذه

المجموعة كانت تعالج الطرد كتأثير ثانوي يرجع إلى نوع ما من الارتباط الميكانيكي وكذلك إلى تأجيل المناقشة والبحث المنتظم فيما يتعلق بالتأثير الذي اكتشف حديثاً لجراي، وهو السلوك الكهربائي. وعلماء الكهرباء الآخرون تناولوا الجذب والطرد كتوضيحات أولية للكهرباء وعدلوا نظرياتهم وبالتالي أبحاثهم. ولكنهم واجهوا صعوبة كبيرة مثل المجموعة الأولى في أن ينظروا في نفس الوقت في أي شيء غير أبسط المؤثرات التوصيلية. وهذه المؤثرات قدمت مع ذلك نقطة البداية لمجموعة ثالثة تحدثت عن الكهرباء كسائل يمكن أن يجري خلال التوصيلات. وهذه المجموعة بدورها واجهت صعوبة إعادة النظر في نظريتها مع عدد من المؤثرات الجاذبة والطاردة. ومن خلال عمل فرانكلين وحده وخلفائه الذين تبعوه مباشرة نشأت نظرية تهتم بشيء ما مثل السهولة المعادلة بالنسبة لكل هذه الجهود تقريباً. ولذلك فقد قدمت هذه النظرية جيلاً متعاقباً من علماء الكهرباء يؤمن بنموذج عام (مشترك) بالنسبة للبحث الخاص بها.

وإذا استبعدنا هذه المجالات مثل الرياضيات والفلك التي ترجع فيها أول النماذج الثابتة إلى ما قبل التاريخ ومجالات مثل الكيمياء الحيوية التي نشأت عن طريق تقسيم وإعادة اتحاد الخواص التي نضجت بالفعل، عندئذٍ فإن المواقف التي أجملناها سابقاً تتطابق معاً من الناحية التاريخية. وعلى الرغم من أنني أستمر في استخدام التبسيط الذي يعطي موضوعاً تاريخياً باسم واحد اختاره (وهونيوتن أو فرانكلين) إلا أنني أقترح أن الخلافات الأساسية المشابهة هي التي ميزت على سبيل المثال دراسة الحركة قبل أرسطو ودراسة الأستاتيكا قبل أرشميدس، ودراسة الحرارة قبل بلاك Black ودراسة الكيمياء، قبل بويل Boyle وبويرهاف Boerhaave، ودراسة الجيولوجيا التاريخية قبل هوتون Hutton. وفي أجزاء من علم الأحياء - في دراسة الوراثة مثلاً - لا تزال النماذج الأولى التي تم الاتفاق عليها بصفة عامة أكثر

حداثة، ويظل التساؤل المطروح: أي أجزاء علم الاجتماع حصلت على مثل هذه النماذج كلية. ويرى التاريخ أن الطريق إلى الاتفاق حول بحث مؤكد أمر صعب للغاية.

ويرى التاريخ أيضاً، على الرغم من ذلك، أن هناك بعض الأسباب في الصعوبات التي نواجهها في هذا الطريق. ففي غياب النموذج أو غياب طلب ما لهذا النموذج نجد أن كل الحقائق التي تعمل في سبيل تطور علم بالذات تبدو فيما يرجح متطابقة ومتعادلة. ونتيجة لذلك فإن جمع الحقائق الأولى يعتبر نشاطاً جزافياً تقريباً بصورة أكبر من جمع الحقائق الذي يجعله التطور العلمي التابع لذلك مألوفاً. وأكثر من ذلك، عندما يغيب سبب البحث عن صورة ما خاصة بمعلومة غامضة، يكون جمع الحقائق الأول في العادة محدداً بثراء الحقائق التي تكون في متناول اليد. ويحتوي وعاء الحقائق الناتجة على تلك الحقائق التي يمكن التوصل فيها إلى ملاحظة عليّة وتجربة معاً بالإضافة إلى بعض الحقائق المستترة التي تنشأ عن حرف (مهن) قائمة مثل الطب ووضع التقويم وصناعة استخراج المعادن. ولأن الحرف تعتبر مصدراً يمكن التوصل إليه حيث الحقائق التي لا يتم اكتشافها عليا، فإن التكنولوجيا غالباً ما تلعب دوراً حيوياً في ظهور العلوم الجديدة.

ولكن على الرغم من أن هذا النوع من جمع الحقائق أساسياً بالنسبة إلى أصل علوم كثيرة وعظيمة، إلا أن من يبحث مثلاً في كتابات دائرة معارف بليني Pliny أو التاريخ الطبيعي البيكوني Baconian في القرن السابع عشر سوف يكتشف أنه نوع يقدم مستنقعاً. ويتردد المرء إلى حد ما في الإتيان بالأدب الذي يشتمل على نتائج علمية وأشكال في التاريخ البيكوني في الحرارة واللون والرياح وما إلى ذلك حافلة بالمعلومات ولكن بعضها غامضة. ولكنها تقارب الحقائق التي تكشف عن نفسها فيما بعد (مثل الانصهار عن طريق الخليط) مع حقائق أخرى (مثل دفء كومة من الروث

وهي التي ستظل لوقت ما معقدة للغاية لدرجة أنها لا تدخل في نظرية على الإطلاق، وبالإضافة إلى ذلك فلما كان أي وصف ينبغي أن يكون محايداً، فغالباً ما يحذف التاريخ الطبيعي المماثل من اعتباراته هذه التفاصيل التي سيراها العلماء المتأخرون مصادر ذات أهمية كبرى. وليس هناك تاريخاً واحداً تقريباً من أشكال التاريخ الأول عن الكهرباء يذكر أن القش الذي ينجذب إلى سيخ زجاجي مطاط ينفض عنه مرة ثانية، لقد بدأ هذا التأثير ميكانيكياً (آلياً) وليس كهربائياً. وعلاوة على ذلك فلما كان جامع الحقيقة العلية يصعب أن يملك الوقت أو الأدوات ليكون ناقداً فغالباً ما تعطي أشكال التاريخ الطبيعي أوصافاً كالتي ذكرت من قبل مع أوصاف أخرى مثل الانصهار (الذوبان) عن طريق التبريد، وهذا ما لا نستطيع إلى الآن أن نتأكد منه. وفي حالات معينة فقط مثل حالات الأستاتيكا القديمة والديناميكا (أي علم السكون وعلم الحركة) والبصريات الهندسية نجد أن الحقائق التي جمعت بناء على دليل بسيط من النظرية القائمة سلفاً تتحدث بوضوح كاف يسمح بظهور أول نموذج.

وهذا هو الموقف الذي يخلق خواص مدارس المراحل الأولى من تطور العلم. وليس هناك تاريخ طبيعي يمكن تفسيره في غياب هيكل المعتقدات النظرية والمذهبية والذي يسمح بالاختيار والانتقاء، والتقييم والنقد. وإذا كان هيكل المعتقدات ليس واضحاً في مجموعة الحقائق - في حالة ما تكون «مجرد الحقائق» في متناول اليد - ينبغي تدعيمه بالميتافيزيقا السائدة أو بعلم آخر أو بحادثة شخصية وتاريخية. ولا عجب إذن أنه في المراحل الأولى من التطور في أي علم مختلف يواجه الرجال نفس نطاق الظواهر، ولكن ليس عادةً كل نفس هذه الظواهر الخاصة وعندئذٍ يصفونها ويفسرونها بأساليب مختلفة، وما يدعو للعجب هو أن مثل هذا التباين الداخلي سيختفي للأبد.

وذلك لأن هذا التباين يختفي إلى حد كبير وبعد ذلك يختفي مرة ثانية بصفة مطلقة. وعلاوة على ذلك فإن اختفاء هذا التباين يكون سببه عادةً انتصار أحد مدارس النماذج السابقة التي أكدت فقط دوراً خاصاً للمعرفة. إن علماء الكهرباء الذين اعتقدوا أن الكهرباء سائل ولذلك أعطوا تأكيد خاصاً للتوصيلات يقدمون حالة ممتازة في هذه النقطة. وحيث تبني العديد منهم هذا الاعتقاد فقد أدركوا فكرة تعبئة السائل الكهربائي في زجاجات. والثمرة المباشرة لجهودهم هي إناء ليدن Leyden jar وهو ما كان ليكتشف على يد رجل يكتشف الطبيعة بناء على علل أو بصورة عشوائية لكنه الإناء الذي تطور بصورة مستقلة على يد اثنين من الباحثين في أوائل سنة ١٧٤٠. ومنذ بداية أبحاث فرانكلين الكهربائية تقريباً وهو يعني بتفسير هذا الجزء الغريب من الظاهرة الخاصة. وقد قدم نجاحه في إتمام ذلك أقوى الحجج التي جعلت نظريته نموذجاً. وحتى تقبل النظرية كنموذج يجب أن تبدو أفضل النظريات التي تنافسها، ولكنها ليست بحاجة إلى تفسير كل الحقائق التي يمكن أن تواجهها.

إن ما فعلته نظرية سيولة الكهرباء بالنسبة للجماعة الفردية التي تبنتها، فعله فيما بعد نموذج فرانكلين بالنسبة لجماعة علماء الكهرباء بأسرها. وهذه النظرية اقترحت أي التجارب تكون جديرة بالعرض وأيها لا تكون جديرة بذلك بسبب توجيهها نحو توضيحات ثانوية أو معقدة فيما يتعلق بالكهرباء. والنموذج هو الذي جعل العمل مؤثراً جداً من ناحية لأن نهاية الجدال بين المدارس وضعت حداً للتكرار المستمر للأسس ومن ناحية أخرى لأن الثقة شجعت العلماء على تبني أنواعاً من العمل أكثر دقة وتتميز بأنها مستترة. ولما كانت مجموعة الكهربائيين المتحدين متحررة من الاهتمام بأي الظواهر الكهربائية أو جميعها، فإن هذه المجموعة استطاعت أن تتبع الظواهر المنتقاة بتفصيل أكبر، وقد صمموا في هذا الشأن أداة خاصة للعمل

واستخدموها بصرامة أشد وبصورة منتظمة أكثر مما فعله الكهربائيون من قبل. وكل من جمع الحقائق وصياغة النظرية أصبح من النشاطات التي يتم توجيهها عالياً. وازداد بناء على ذلك تأثير كفاءة البحث الكهربائي، حيث يقدم الدليل على ترجمة اجتماعية لمقولة فرنسيس بيكون: «إن الحقيقة تنشأ من الخطأ أكثر من اللبس».

وسوف نبحث في طبيعة هذا البحث ذي التوجيه العالي أو البحث القائم على النموذج في الفصل التالي، ولكن علينا أولاً أن نلاحظ كيف أن ظهور النموذج يؤثر في هيكل الجماعة الذين يمارسون هذا المجال. وفي إطار تطور العلم الطبيعي، عندما يقدم الفرد أو الجماعة احتمالاً قادراً على جذب معظم اتباع الجيل التالي، تختفي المدارس السابقة على هؤلاء تدريجياً. على أن سبب اختفاء هذه المدارس وهو تحول أعضاءها إلى النموذج الجديد. ولكن دائماً ما يكون هناك بعض الرجال الذين يتمسكون بأحد وجهات النظر السابقة، وهم ببساطة يقرأون خارج نطاق حرفتهم (مهنتهم) التي تتجاهل فيما بعد أعمالهم. ويشير النموذج الجديد إلى تعريف جديد وأكثر دقة لهذا المجال. أما هؤلاء الذين لا يريدون ولا يستطيعون مطابقة أعمالهم مع هذا النموذج عليهم عزل أنفسهم أو ربطها بجماعة أخرى. ومن الناحية التاريخية فهم يحتلون في الغالب أقسام الفلسفة التي تنبثق عنها كثير من العلوم الخاصة. وكما توضح هذه الإشارات فإن استقبال النموذج هو الذي يحول جماعة كانت مهتمة فيما سبق بدراسة الطبيعة داخل حرفة (مهنة) أو على الأقل في إطار النظام. وفي العلوم (لكن ليس في مجالات مثل الطب والتكنولوجيا والقانون. . .) نجد أن معلومة الصحف المتخصصة وتأسيس مجتمعات المتخصصين والدعوة إلى مكان خاص في المنهج الدراسي عادةً ما ترتبط بأول استقبال المجموعة للنموذج الفريد. وكانت هذه هي الحالة السائدة في خلال قرن ونصف مضيا، عندما تطور

لأول مرة النموذج التأسيسي للتخصص العلمي، وهـي الحالـة السائـدة في العصور الحديثة عندما اكتسبت ظاهرة التخصص امتيازاً خاصاً.

إن التعريف الأكثر دقة للمجموعة العلميـة له نتائـج أخـرى. فعندمـا يستطيع العالم الفرد أن يتناول نموذجاً مسلماً به، لم يعد بحاجة في أعماله الكبرى إلى محاولة بناء مجاله بنـاءً جديداً بادئاً من المبادىء الأولى ومقدماً تبريراً لاستخدام كل مفهوم مقدم. ويمكن أن يترك هذا إلى كاتب النصوص. ومع ذلك فعندما يعطى كتاب نصوص إلى عالم مبتكر (خلاق) فإنه يستطيع أن يبدأ بحثه من حيث ينتهي.وأن يركز على الجوانب الثابتة والأكثر اختفـاءً من الظواهر الطبيعية التي تهم جماعته. وعندما يفعل ذلك تبدأ علاقات بحثه في التغير في صور يدرس تطورها قليلاً وتكون نتائجها الحديثة واضحة للجميع وصعبة الاحتمال للكثيرين. ولم تعد أبحاثه عادةً ضمن الكتب المعنونة مثل تجارب فرانكلين . . . في الكهرباء أو كتاب أصل الأنواع لداروين، وهذا لمن يهمه أمر موضوع هذا المجال. وبدلاً من ذلك فعادةً ما تظهر هذه الكتب كمقالات مختصرة تعنون فقط للزملاء الـذين يمـارسون نفس المهنـة، وهـم الرجال الذين يمكن افتراض أن معرفتهم لها نموذج مشترك والذين أثبتوا أنهم الوحيدون القادرون على قراءة الأبحاث المرسلة إليهم.

وفي العلوم الآن عادةً ما تكون الكتب إما نـصوصاً أو انعكاسات على جانب ما أو آخر من الحياة العلمية. والعالم الذي يكتب كتاباً من هذه يليق به أن يجد سمعته في المهنة تنحدر أكثر مما ترتفع. وفي مراحل تطور العلـوم المختلفة كانت للكاتب نفس العلاقة بالإنجاز المهني (الحرفي) الذي يظل في مجالات خلاقة (مبتكرة). وفي هذه المجالات وحدها يبقـى الكتـاب، بالمقالة أو بدونها، حيث تكون فكرة اتصال البحث تمثل خطوط الاحتراف الذي يتم بصورة مفتوحة حتى أن الرجل العادي قد يراوده الأمل في اتبـاع التقدم عن طريق قراءة تقارير الاتباع الأصليـة. وفـي الرياضيـات والفلك

يتوقف إدراك تقارير البحث في العصور القديمة بنفس الصورة في العصور الوسطى المتأخرة، ثم عاد ليجذب الإدراك العام من خلال أوائل القرن السابع عشر عندما جاء نموذج جديد ليحل محل النموذج الذي كان يقود البحث في العصور الوسطى. وبدأ البحث الكهربائي يتطلب ترجمة للرجل العادي قبل نهاية القرن الثامن عشر، وأصبحت معظم المجالات الأخرى الخاصة بالعلم الطبيعي تكف عن أن تكون قابلة للتوصل إليها بصفة عامة في القرن التاسع عشر. وفي خلال نفس القرنين يمكن فصل مراحل انتقالية مشابهة في الأجزاء المختلفة من العلوم البيولوجية. وفي أجزاء العلوم الاجتماعية قد يحدث هذا الآن. وعلى الرغم من أن العادة جرت على الأسف على الفجوة الواسعة التي تفصل العالم المحترف عن زملائه في مجالات أخرى، إلا أن اهتماماً طفيفاً أيضاً وجد نحو العلاقة الجوهرية بين هذه الفجوة والميكانيكية الأصلية للتقدم العلمي.

ومنذ ذلك الوقت تجاوز البحث فيما قبل التاريخ في أي مجال دراسة أو آخر التقسيم بين ما يمكن أن يسميه المؤرخ ما قبل التاريخ كعلم والتاريخ المناسب للبحث. وهذه الانتقالات إلى النضوج نادراً ما تكون مفاجئة أو غامضة كما توضح مناقشتي. ولكنها لم تكن تدريجية من الناحية التاريخية أو مسايرة مع التطور التام للمجالات التي تتحدى فيها. والذين كتبوا عن الكهرباء في أثناء العقود الأربعة من القرن الثامن عشر كانت لديهم معلومات كثيرة عن الظواهر الكهربائية تفوق ما كانت لدى أسلافهم في القرن السادس عشر. وأثناء نصف القرن التالي لسنة ١٧٤٠، أضيفت أنواع جديدة قليلة من الظواهر الكهربائية إلى قائمة كتاباتهم، وعلى الرغم من ذلك فإن الكتابات حول الكهرباء عند كافنديش Cavendish وكولومب Coulomb وفولتا Volta في الثلث الأخير من القرن الثامن عشر تبدوا بعيدة جداً عن كتابات هراي ودوفاي وحتى فرانكلين بل بعيدة بأكثر ما تكون كتابات هؤلاء

المكتشفين في المجال الكهربائي في أوائل القرن الثامن عشر. وبين عامي ١٧٤٠ ـ ١٧٨٠ تمكن علماء الكهرباء للمرة الأولى من تناول أسس مجالهم باعتبارها مسلماً بها. ومن هذه النقطة انخرطوا في مشكلات دقيقة وغامضة وسجلوا نتائجهم في مقالات أرسلت إلى علماء كهرباء آخرين أكثر من تسجيلها في كتب ترسل إلى العالم المثقف بأسره. ولقد أنجزوا كمجموعة ما توصل إليه علماء الفلك في العصور القديمة ودارس الحركة في العصور الوسطى من بصريات فيزيائية في القرن السابع عشر المتأخر والجيولوجيا التاريخية في أوائل القرن التاسع عشر. أي أنهم أنجزوا نموذجاً أثبت قدرته على قيادة بحث المجموعة بأسرها. وباستثناء ميزة إدراك الأمر قبل فوات الأوان من الصعب إيجاد قياساً (معياراً) آخر يعلن بوضوح تام عن مجال ما بأنه علم.

الفَصْلُ الثَّالِث

طَبيعَة العِلم السَّويّ

ما هي إذن طبيعة البحث الذي يتميز بأنه محترف أكثر ومستتر أكثر والبحث الذي يسمح به قبول المجموعة لنموذج واحد؟ وإذا كان النموذج يمثل عملاً أنجز ذات مرة وباستمرار فما هي المشكلات التي يتركها للمجموعة المتحدة لتقوم بحلها؟ سوف تبدو هذه الأسئلة هامة للغاية إذا لاحظنا الآن جانباً معيناً قد تكون فيه العبارات الشائعة الاستخدام مضللة وفي استخدام النموذج الموضوع يكون هذا النموذج بمثابة موديل أو باتروناً مقبولاً، وأن معناه يمكنني من أن أجد لفظ النموذج مناسباً هنا. ولكن سيكون من الواضح أن معنى «الموديل» أو «الباترون» الذي يسمح بصلاحية استخدام اللفظين ليس هو المعنى المعتاد في تحديد النموذج. وفي النحو على سبيل المثال amo - amas - amat (أي أنا أحب ـ أنت تحب ـ هو يحب) تعتبر نموذجاً لأنها تعرض الباترون الذي يجب استخدامه في تصريف عدد هائل من الأفعال اللاتينية الأخرى مثل Laudo - Laudas - Laudat (أي أنا أمدح ـ أنت تمدح هو يمدح). في تطبيق هذا القياس يقوم النموذج بوظيفته بالسماح باستبدال الأمثلة التي يخدم أي منها في استبدال المثال. ومن ناحية أخرى ففي العلم نادراً ما يكون النموذج موضوع استبدال. وبدلاً من ذلك فإن شأنه شأن القرار المقبول في القانون العام ليعتبر موضوع صياغة أبعد وتنوع أكثر تحت ظروف جديدة أو أكثر صرامة.

وحتى نرى كيف يصح ذلك، علينا أن نعرف كيف يكون النموذج المحدد جداً في زمن ظهوره لأول مرة. فالنماذج تحصل على مكانتها لأنها أكثر نجاحاً من منافساتها في حل مشكلات قليلة يعتبرها أتباع المجموعة مشكلات حادة. ومع ذلك فالنجاح الأكبر لا يعني النجاح التام مع مشكلة فريدة. ذلك أن نجاح النموذج سواء أكان تحليل أرسطو للحركة، أو تأملات بطلميوس لمواضيع النجوم أو تطبيق لافوازييه للتوازن، أو الصيغة الرياضية التي وضعها ماكسويل على المجال الكهرومغناطيسي - هو في البداية وعد بنجاح اكتشافه من أمثلة مختارة وغير مكتملة. ويتكون العلم السوي من تحقيق هذا الوعد وهو تحقيق ينجز عن طريق امتداد معرفة هذه الحقائق التي يعرضها النموذج بصورة واضحة، وذلك بزيادة نطاق التنافس بين هذه الحقائق وتنبؤات النموذج، وكذلك عن طريق صياغة أبعد للنموذج نفسه.

وقليل من الناس الذين لا يكونون فعلاً أتباع علم ناضج يدركون إلى أي حد يكون هذا النوع من العمل قد نضب أو إلى أي حد يمكن أن يظهر هذا العمل في حيز التنفيذ. وهذه النقاط يجب أن توضح وتفهم. أن نضوب العمليات هو ما يشغل معظم العلماء في خلال حياتهم العلمية. وهم يرون أنني أقصد هنا العلم السوي. وحين يفحص هذا العمل عن قرب سواء من الناحية التاريخية، أو في العمل المعاصر، فإنه يبدو محاولة لوضع الطبيعة في الصندوق الذي يقدمه النموذج. وليس من أهداف العلم السوي إيجاد أنواع جديدة من الظواهر، وفي الواقع فإن هذه الظواهر التي لا تناسب الصندوق غالباً ما لا ترى على الإطلاق. كذلك لم يهدف العلماء إلى ابتكار نظريات جديدة، وغالباً ما يكونوا معارضين لتلك النظريات التي ابتكرها آخرون وبدلاً من ذلك فإن البحث في العلم السوي يكون موجهاً إلى صياغة هذه الظواهر والنظريات التي يقدمها النموذج فعلاً.

وربما كانت هذه نقائص (عيوب)، فالمجالات التي يبحثها العلم

السوي تكون ناقصة بالطبع، والموضوع الذي نحن بصدد مناقشته الآن له رؤية محددة جداً. ولكن هذه التحديدات (القيود) التي نتجت من الثقة في النموذج تتحول لتكون أساسية بالنسبة لتطور العلم. وعن طريق تركيز الانتباه على نطاق صغير من المشكلات المستترة نسبياً، يجبر النموذج العلماء على بحث جزء ما من الطبيعة بالتفصيل والعمق الذي يفوق التصور. والعلم السوي له بناء ميكانيكي يؤكد تخفيف القيود التي تقيد البحث متى يتوقف النموذج عن أداء وظيفته بصورة فعَّالة أو مؤثرة وعند هذه النقطة يبدأ العلماء يتصرفون بصورة مختلفة، تتغير طبيعة مشكلات أبحاثهم. ومع ذلك ففي الفترة التي تخللت ومن نجاح النموذج يقوم الاحتراف بحل المشكلات التي يصعب على أعضاءها تخيلها ولا يستطيع العمل بدون الالتزام بالنموذج. وعلى الأقل هناك جزء من هذا الإنجاز يثبت دائماً أنه بارز أو ظاهر.

وحتى نعرض ما المقصود بوضوح بالبحث السوي أو البحث القائم على النموذج سأحاول الآن أن أقوم بتصنيف وتوضيح المشكلات التي يتألف منها العلم السوي أساساً. ولكنني أرجىء النشاط النظري وأبدأ بجمع الحقائق، أي بالتجارب والملاحظات التي وصفت في الدوريات الفنية التي يعطي العلماء من خلالها المعرفة إلى زملائهم المحترفين والنتائج التي وصلوا إليها من أبحاثهم المستمرة. ولكن في أي جوانب الطبيعة تكون تقارير العلماء؟ وما الذي يحدد اختيارهم؟ ولم كانت معظم الملاحظة العلمية تستهلك وقتاً كبيراً وأدوات وأموال، فما هي الدوافع إذن التي تدفع العلماء إلى تتبع هذا الاختيار إلى النهاية؟

إنني أعتقد أن هناك فقط ثلاث بؤرات عادية للبحث العلمي الحقيقي وهي لا تكون دائماً مميزة (واضحة). أولاً: هذه المجموعة من الحقائق التي يوضحها النموذج على أنها اكتشاف خاص لطبيعة الأشياء وباستخدامها

في حل المشكلات يجعلها النموذج جديرة بالتحديد سواء في المواقف الدقيقة أو الكبيرة التنوع. وفي وقت أو آخر نجد هذه التحديدات الحقيقية الكبرى تتضمن في الفلك. فترات الانقسام الثنائي لكواكب وفي الفلك أيضاً موقع وحجم النجوم أما في الطبيعة فهي تتضمن أنواع وأوصاف المادة، والأطوال الموجبة والتوصيلات الكهربائية، وفي الكيمياء تتضمن موضوع الأثقال (الأوزان) وغليان فقط وحموضة المحاليل المعادلات التركيبية والأنشطة البصرية. أما محاولات زيادة الدقة والنطاق التي تعرف بها هذه الحقائق فهي تحتل مكانة عظيمة من العلم القائم على التجربة والملاحظة. وهناك آلة خاصة مركبة (معقدة) تصمم لهذه الأغراض وابتكار وتركيب استخدام هذه الآلة يتطلب قدرة ووقتاً طويلاً ورصد مبالغ لا بأس بها. أن الجمع بين الصوت والصورة والتلسكوب اللاسلكي هي وحدها أكثر الأمثلة الحديثة على الأطوال التي يذهب إليها العاملون في الأبحاث إذا أكد لهم النموذج أن الحقائق التي يبحثون عنها حقائق هامة. ومن تيكو براهي Tycho Brahe إلى لورانس E. O. Lawrence اكتسب بعض العلماء سمعة غالية، وليس ذلك من حداثة أي من اكتشافاتهم ولكن من الدقة والاعتماد على الأساليب التى طوروها لإعادة تحديد (تعريف) نوع من الحقائق معروف سابقاً.

ومجموعة أخرى (ثانية) من التحديدات الحقيقية تكون موجهة إلى هذه الحقائق التي يمكن مقارنتها مباشرة بتنبؤات نظرية النموذج. وكما سنرى حالاً، عندما انتقل من المشكلات التجريبية إلى المشكلات النظرية للعلم السوي، يندر وجود نطاقات كثيرة يمكن أن تقارن فيها النظرية العلمية مباشرة بالطبيعة ولم تكن هناك أكثر من نطاقات ثلاثة من هذه كانت متاحة لنظرية أينشتين في النسبية وعلاوة على ذلك فحتى في هذه النطاقات التي يكون التطبيق فيها ممكناً فإنه يحتاج غالباً إلى تقريب نظري وآلي يحدد

الاتفاق الذي يجب توقعه. وقبول هذا الاتفاق أو إيجاد نطاقات جديدة يمكن فيها تقرير الاتفاق يقدم تحدياً مستمراً إلى مهارة وخيال صاحب التجربة والملاحظة. فالتلسكوبات الخاصة تحدد تنبؤ كوبرنيقوس عن اختلاف مواضع الكواكب سنوياً، وماكينة (آلة) أتوود Atwood التي ابتكرت أولاً بعد قرن من المبادىء» لصاحبها نيوتن تقدم أول تقرير واضح لا لبس فيه قانون نيوتن الثاني. وآلة فوكو Foucault كانت من أجل توضيح أن سرعة الضوء تكون أعظم في الهواء منها في الماء وكذلك الفكرة الهائلة التي جاءت لتقرر وجود النيتروجين ـ أنواع الإدارة الخاصة وأنواع أخرى كثيرة تشابهها توضح الجهد الهائل والأصالة الكبيرة التي كانت مطلوبة لموضع الطبيعة والنظرية في اتفاق أكثر قرابة وهذه المحاولة لتقرير الاتفاق هي نمط ثانوي للعمل التجريبي العادي، ومن الأكثر وضوحاً أنه يعتمد أكثر من ذي قبل على النموذج. ويطرح وجود النموذج ـ مشكلة يجب أن تحل، وغالباً ما تكون نظرية النموذج موضوعة مباشرة في تصميم الآلة القادرة على حل المشكلة. وبدون المبادىء Principia مثلاً فلن تعني الإجراءات التي اتخذت مع آلة أتوود شيئاً على الإطلاق.

أما المجموعة الثالثة من التجارب فإنني أعتقد أنها ترهق أنشطة جمع الحقائق الخاصة بالعلم السوي. ذلك أنها تتكون من عمل أمبريقي يتعهد بصياغة نظرية النموذج وتحل بعض أشكال الغموض التي تكتنفه وتسمح بحل المشكلات التي أعارته اهتماماً سابقاً. وهذه المجموعة تظهر أكثر المجموعات أهمية قاطبة، ويتطلب وصفها تقسيمها. ففي العلوم الرياضية نجد بعض التجارب التي تهدف إلى صياغة معينة تكون موجهة إلى الثوابت الطبيعية. ويدل عمل نيوتن مثلاً على أن القوة بين كتلتين على مسافة واحدة تكون نفس القوة بالنسبة لكل أنماط المادة في كل بقاع العالم. ولكن مشكلاته الخاصة يمكن أن تحل حتى بدون تقدير حجم هذه الجاذبية.

وليست هناك آلة أخرى قادرة على تحديد ذلك طيلة قرن بعد أن ظهرت مبادىء نيوتن. ولا حتى تحديد كافنديش المشهور في سنة ١٧٩٠. وبسبب الوضع المحوري في النظرية الطبيعية نجد أن القيم المطورة للثابت في الجاذبية تمثل موضوع جهود متكررة قام بها عدد من التجربيين البارزين. وهناك أمثلة أخرى على نفس نوع العمل الدؤوب تتضمن تحديدات الوحدة الفلكية عدد أفوجاردو Avogardo والمعامل الفيزيائي لجول Joule والشحن الالكتروني وما إلى ذلك، وقليل من هذه الجهود البارزة هي التي أدركت ولا شيء منها تم تنفذه بدون نظرية النموذج التي تحدد المشكلة والتي تضمن وجود الحل الثابت.

ومع ذلك فإن جهود صياغة النموذج ليست مقيدة بتحديد الثوابت الكونية. فقد تهدف مثلاً إلى قوانين كمية: مثل قانون بويل الذي يربط ضغط الغاز بالحجم (أي السعة)، وقانون كولومب الخاص بالجذب الكهربائي وقانون جول الذي يربط الحرارة المتولدة بالمقاومة الكهربائية والتيار الكهربائي، وكلها قوانين من هذا النوع. وقد لا يكون من الظاهر أن النموذج شرط أساسي لاكتشاف القوانين التي من هذا النوع. وغالباً ما نسمع أنها توجد عن طريق فحص الإجراءات المتبعة لهذا الغرض وبدون الالتزام بنظرية. ولكن التاريخ لا يقدم دليلاً على أسلوب بيكون. ولم تكن تجارب بويل ممكنة حتى تم التعرف على الهواء على أنه سائل مرن **يمكن أن تطبق عليه كل مفاهيم (تصورات) هيدروستاتيكا الموائع المعروفة.** لقد اعتمد نجاح كولومب على تركيبه لآلة خاصة تقيس القوة بين نقطتي الشحن Point Charges ولكن هذا التصميم بدوره اعتمد على التعرف السابق على أن كل جزئية من السائل الكهربائي تعمل بناءً على الأخرى بمسافة. وكل هذا بالنسبة إلى القوة بين هذه الجزئيات ـ وهي القوة الوحيدة التي يمكن افتراضها وظيفة المكان ـ تلك القوة التي كان يهتم بها كولومب ويمكن أن

تستخدم تجارب جول لتوضح كيف أن القوانين الكمية تنشأ من خلال صياغة النموذج. وحقيقة الأمر أن العلاقة وطيدة بين النموذج النوعي والقانون الكمي الذي ـ منذ جاليليو ـ وتعتبره هذه القوانين صحيحاً بمساعدة النموذج قبل أن يصمم الآلة بسنوات من أجل تحديد تجريبي.

وأخيراً هناك نوع ثالث من التجربة يهدف إلى صياغة النموذج. وهذا النوع أقرب إلى الاكتشاف أكثر من الأنواع الأخرى وهو سائد بصفة خاصة في هذه الفترات والعلوم التي تتعلق بالجوانب النوعية (الكيفية) أكثر من الجوانب الكمية لنظام الطبيعة. وغالباً ما يكون النموذج المتطور في مجموعة ما من الظواهر غامضاً في تطبيقه على الظواهر الأخرى الأكثر ارتباطاً. ثم أن التجارب ضرورية للاختيار بين الوسائل البديلة لتطبيق النموذج على نطاق اهتمام جديد. وعلى سبيل المثال كانت تطبيقات النموذج الخاص بالنظرية الحرارية من أجل التسخين والتبريد بالخلط وبتغير الحالة. ولكن الحرارة يمكن أن تخفف أو تنتهي بطرق كثيرة أخرى، مثلاً بالاتحاد الكيمائي، والاحتكاك، أو عن طريق ضغط الغاز ـ أو النظرية يمكن أن تطبق على كل ظاهرة من الظواهر الأخرى بطرق عديدة وإذا كان للخلاء قدرة حرارية مثلاً، يمكن عندئذٍ تفسير التسخين بالضغط بأنه نتيجة لخلط الغاز مع الخلاء. وقد يرجع إلى التغير في الحرارة النوعية للغازات بضغط متغير، وكانت هناك تفسيرات أخرى عديدة بالإضافة إلى ذلك. وقد أجريت تجارب متعددة من أجل توضيح هذه الإمكانات المختلفة والتمييز بينها. ونشأت كل هذه التجارب من النظرية الحرارية كنموذج، وجميعها أظهرت هذا النموذج في تصميم التجارب وفي تفسير النتائج وقد كانت ظاهرة التسخين عن طريق الضغط (ضغط الغاز) قائمة ذات مرة، وكانت كل التجارب الأبعد والأكثر منها نموذجاً تابعاً بهذه الطريقة. وعندما تعطي الظاهرة، كيف يمكن أن توضحها التجربة باعتبارها هي التي اختبرت؟

ونتقل الآن إلى المشكلات النظرية الخاصة بالعلم السوي والتي تنصب تقريباً في نفس هذه المجموعات التجريبية والقائمة على الملاحظة. ويتألف الجزء من العمل النظري العادي ـ على الرغم من أنه جزء صغير ـ من النظرية القائمة التي تتنبأ بمعرفة فعلية للقيمة الحقيقية فصناعة التنبؤ الفلكية وتقدير خواص العدسات وإنتاج البث الإذاعي كل هذه أمثلة على المشكلات من هذا النوع. ومع ذلك فإن العلماء يعتبرونها بصفة عامة من الأعمال المرتبطة بالمهندسين والفنيين. ولم يظهر الكثير منها في الدوريات العلمية الكبرى ولكن هذه الدوريات تحتوي على مناقشات نظرية عديدة للمشكلات التي لا بد أنها تبدو بالنسبة لغير العلماء متجانسة في معظمها. وهذه هي معالجات النظرية القائمة، وليس ذلك لأن التنبؤات التي تنشأ من خلالها ذات قيمة حقيقية، ولكن لأنها يمكن أن تواجه مباشرة بالتجربة. وهدفها هو عرض تطبيق جديد للنموذج أو زيادة الدقة في التطبيق الذي تم قبل ذلك فعلاً.

والحاجة إلى العمل في هذا النوع تنشأ من الصعوبات الكبرى التي تواجه عادةً في نقاط تطور الاتصال بين النظرية والطبيعة. ويمكن أن توضح هذه الصعوبات باختصار مختص بتاريخ الديناميكا بعد نيوتن. ومع بداية القرن الثامن عشر نجد أن هؤلاء العلماء الذين وجدوا نموذجاً في المبادىء Principia قد تناولوا عمومية نتائجها على أنها مسلم بها، كانت لديهم كل الأسباب التي تدفعهم إلى ذلك. وليس هناك عمل آخر معروف من تاريخ العلم يسمح في نفس الوقت بزيادة في النطاق والدقة المحيطين بالبحث. وبالنسبة إلى السماء، استمد نيوتن قوانين كبلر الخاصة بحركة الكواكب وقام بتفسير جوانب ملحوظة معينة يفشل فيها العمر في أن يطيعها. وبالنسبة إلى الأرض فقد استمد نتائج ملاحظات شتى على البندول والمد والجزر. وبمساعدة الافتراضات الإضافية كان نيوتن قادراً أيضاً على أن يستمد قانون

بويل وهو القانون العام بالنسبة لسرعة الصوت في الهواء. ولكن عندما أخذت قوانين نيوتن العمومية الافتراضية، لم يكن عدد هذه التطبيقات كبيراً، ولم يقم نيوتن بتطوير أي قوانين أخرى. وعلاوة على ذلك فالمقارنة مع ما يستطيع طالب الدراسات العليا أن ينجزه بهذه القوانين نفسها الآن، كانت تطبيقات نيوتن القليلة لم يصبها التطور من حيث الدقة. وفي نهاية الأمر فإن «المبادىء» قد وضعت لتطبق أساساً على المشكلات ذات الميكانيكا السماوية وكيفية مطابقتها مع التطبيقات الرضية لم تكن واضحة بأي حال. وكانت المشكلات الأرضية على أي حال تهاجم بنجاح كبير من خلال مجموعة مختلفة تمام الاختلاف من الأساليب الفنية (التكتيك) التي تطورت أصلاً على يد جاليليو وهويجنز وانتشرت وامتدت في القارة خلال القرن الثامن عشر على يد بيرنولي Bernoullis ودي لامبرت d'Alembert وآخرين كثيرين. ومن المفترض أن تكنيكاتهم وتلك التي جاءت في «المبادىء» يمكن أن تظهر على أنها حالات خاصة من الصياغة العامة، ولكن لوقت ما لم يرد أحد كيف كان هذا بالضبط.

ولنوجه اهتمامنا الآن إلى مشكلة الدقة. ولقد بينا من قبل الجانب التجريبي فيها، وآلة خاصة مثل ـ آلة كافينديش وماكينة أتوود أو التلسكوب المتطور ـ كانت مطلوبة لتعطي الحقائق الخاصة التي تطلبتها التطبيقات الدقيقة لنموذج نيوتن. وتواجد صعوبات مماثلة في الحصول على اتفاق من جانب النظرية. وعندما طبق نيوتن قوانينه على البندول مثلاً اضطر إلى أن يعامل القفزة على أنها نقطة حجم ليقدم تعريفاً مزيداً لطول البندول. ومعظم نظرياته باستثناء قليل من النظريات الافتراضية والتمهيدية قد تجاهلت أيضاً تأثير مقاومة الهواء. كانت هذه النسب تقريبية للصوت. وعلى الرغم من ذلك فلما كانت هذه هي التقريبات فقد قيدت الاتفاق على أن يكون متوقعاً بين تنبؤات نيوتن والتجارب الفعلية. وتظهر نفس الصعوبات بوضوح في تطبيق

نظرية نيوتن على السماء. وتدل الملاحظات التلسكوبية الكمية على أن الكواكب لا تطيع تمام الطاعة قوانين كيبلر وتدل نظرية نيوتن على أنها ليست كذلك لا ينبغي أن تفعل. وحتى يستمد نيوتن هذه القوانين فقد كان مضطراً إلى أن يتجاهل كل الجاذبية ما عدا تلك الجاذبية بين الكواكب الفردية والشمس. ولما كانت الكواكب أيضاً تجذب البعض فالاتفاق التقريبي الوحيد الذي يمكن توقعه هو الذي يكون بين النظرية المطبقة والملاحظة التلسكوبية.

وبطبيعة الحال كان الاتفاق الناتج أكثر من تصنيع بالنسبة إلى هؤلاء الذين توصلوا إليه وباستثناء بعض المشكلات الأرضية لا تستطيع نظرية أخرى أن تقوم تقريباً بهذا الدور جيداً. ولا أحد من هؤلاء الذين استفسروا عن قوة عمل نيوتن قد فعلوا ذلك بسبب اتفاقه المحدود مع التجربة والملاحظة. وعلى الرغم من ذلك فإن هذه التحديدات الخاصة بالاتفاق قد تركت عدداً كبيراً من المشكلات النظرية الخيالية لخلفاء نيوتن. وعلى سبيل المثال كانت الأساليب التكتيكية النظرية مطلوبة لمعالجة الحركة الخاصة بجسمين يتجاذبان في نفس الوقت وكذلك كانت مطلوبة للبحث في ثبات الأملاك الدائرة. المشكلات من هذا النوع كثيرة من أفضل علماء الرياضيات في أوروبا أثناء القرن الثامن عشر وأوائل القرن التاسع عشر وقد قام أيولر ولاجرانج ولابلاس وجاوس ببعض أحسن أعمالهم في المشكلات التي تهدف إلى تطوير المنافسة بين نموذج نيوتن وملاحظة السماء. وكثير من هذه الشخصيات كانت تعمل في نفس الوقت على تطوير الرياضيات المطلوبة للتطبيقات التي لم يحاول فيها لانيوتن ولا المدرسة المعاصرة في الميكانيكا. وقدموا مثلاً أدباً عظيماً وتكتيكاً رياضياً قوياً جداً لديناميكا الموانع والمشكلة اهتزاز الأوتار. وهذه المشكلات المتعلقة بالتطبيق تعمل كما هي أفضل بحث علمي أو إنجاز علمي في القرن الثامن عشر. ويمكن

اكتشاف أمثلة أخرى عن طريق البحث في فترة ما بعد النموذج في تطور الديناميكا الحرارية، والنظرية الموجبة للضوء والنظرية الكهرومغناطيسية، أو أي فرع آخر من فروع العلم التي تكون قوانينه الأساسية كمية تماماً. وفي العلوم الرياضية على الأقل يكون معظم العمل النظري من هذا النوع.

ولكن ليس هذا هو كل شيء عن هذا النوع. إذ توجد أيضاً حتى في العلوم الرياضية مشكلات خاصة بصياغة النموذج، وفي أثناء الفترات التي يكون فيها التطور العلمي نوعياً (كيفا) تسود هذه المشكلات. وبعض المشكلات سواء في العلوم التي تميل أكثر نحو النوعية أو العلوم التي تميل أكثر نحو الكمية تهدف ببساطة إلى التوضيح. فالمبادىء Principia على سبيل المثال لم تكشف عن عمل سهل يمكن تطبيقه، من ناحية الآن هذا العمل كان واضحاً فقط من تطبيقاته. وبالنسبة إلى الكثير من التطبيقات الأرضية فإن مجموعة غير مترابطة من التكتيكات القاربة بدت أكثر قوة. لذلك فابتداء من أيولير Euler ولاجرانج في القرن الثامن عشر إلى هاميلتون Hamilton وجاكوبي وهرتز Hertz في القرن التاسع عشر، حاول عدد من أشهر علماء الطبيعة الرياضيين في أوروبا مراراً وتكراراً أن يعيدوا صياغة النظرية الميكانيكية في صورة منطقية وجمالية مرضية، لقد رغبوا في أن يعرضوا الدروس الظاهرة والباطنة في «المبادىء» وفي الميكانيكا التي طبقت في القارة الأوروبية بصورة منطقية وأكثر تطابقاً.

وحدثت صياغات جديدة مشابهة للنموذج في كل العلوم ولكن معظمها قدم تغيرات جوهرية في النموذج أكثر من إعادة التصحيح في «المبادىء» والتي ذكرناها من قبل. وتنتج هذه التغيرات عن العمل التجريبي الذي قلنا من قبل أنه يهدف إلى صياغة النموذج. وواقع الأمر كان تصنيف هذا النوع من العمل بأنه تجريبي أمراً بديهياً. ومشكلات صياغة النموذج تكون أكثر من أي نوع آخر من أي نوع آخر من أنواع البحث العادي من حيث أنها نظرية

وتجريبية . والأمثلة التي سقناها من قبل ستساعدنا أيضاً هنا . ذلك أن كولومب قبل أن يبني آلته ويضع الإجراءات معها ، كان عليه أن يستخدم النظرية الكهربائية ليحدد كيف يجب أن تبني آلته . ونتائج إجراءاته كانت صقلاً لهذه النظرية . أو أن الرجال الذين أجروا التجارب التي كانت من أجل التمييز بين النظريات المختلفة . المتعلقة بالتسخين عن طريق الضغط (ضغط الغاز) كانوا هم نفس الرجال الذين قدموا وجهات النظر المقارنة . وكانوا يعملون بالحقيقة والنظرية ، ولم يقدم عملهم ببساطة معرفة جديدة ولكن قدم نموذجاً أكثر دقة تم التوصل إليه بإزالة ألوان الغموض وفي علوم كثيرة يكون معظم العمل العادي من هذا النوع .

هذه المجموعات الثلاث من المشكلات ـ تحديد الحقيقة الكبرى ومنافسة الحقائق للنظرية وصياغة النظرية ـ ترهق في اعتقادي أدب العلم العادي ، سواء كان تجريبياً أو نظرياً . ولكنها بطبيعة الحال لا ترهق أدب العلم بأكمله . وهناك أيضاً مشكلات شاذة وقد تكون حلولها تلك التي تجعل البحث العلمي بصفة عامة يستحق الاهتمام ـ لكن المشكلات الشاذة لا يجب أن تتواجد للسؤال . فهي تظهر في مناسبات خاصة يعد لها تقدم البحث العادي . ولذلك فإن الأغلبية العظمى من المشكلات هي التي أجملناها سابقاً . إن العمل في ظل النموذج لا يمكن توجيهه نحو طريق آخر واستبعاد النموذج يعني أن تتوقف ممارسة العلم الذي يحدده . وسوف نكتشف قريباً أن مثل هذا الاستبعاد للنموذج يحدث بالفعل . إن هذا بمثابة المحاور التي تدور حولها الثورات العلمية ولكن قبل أن نبدأ في دراسة مثل هذه الثورات ، نحتاج إلى رؤية بانورامية للنتائج العلمية السوية التي تمهد الطريق .

الفَصْلُ الرّابِع

العِلم السّوي كحَل للمعضِلَة

ربما كانت أكثر ملامح مشكلات البحث العادي التي توا ما واجهناها هي كيف أن هذه المشكلات تهدف قليلاً إلى تقديم الابتكارات الكبرى سواء فيما يتعلق بالمفهوم أو الظاهرة. وأحياناً كما يحدث في قياس طول الموجة يكون كل شيء ما عدا التفضيل المستتر للنتيجة معروفاً مقدماً وأن خط التوقع يكون أوسع (أعرض) فقط إلى حد ما. وليست قياسات كولومب بحاجة إلى أن تناسب قانون التربيع العكسي (المقلوب)، والرجال الذين عملوا على أساس التسخين بضغط الغاز كانوا مستعدين في الغالب لأي نتيجة من النتائج العديدة. وحتى في الحالات المشابهة لهذه يكون نطاق النتائج دائماً صغيراً بالمقارنة بنطاق الذي يمكن أن يصل إليه التصور. والمشروع الذي لا تقع نتيجته في هذا النطاق الأضيق عادةً ما يكون بحثاً فاشلاً، بحثاً لا ينعكس على الطبيعة ولكن على العالم الذي قام به.

وفي القرن الثامن عشر مثلاً أوليت عناية بسيطة بالتجارب التي كانت تقيس الجذب الكهربائي، ولأنه لم تنتج عنها نتائج مركبة أو بسيطة، فإنها لا يمكن أن تستخدم لصياغة النموذج الذي تستمد منه. لذلك فهي تظل مجرد حقائق غير مرتبطة وغير قابلة للارتباط بالتقدم المستمر للبحث الكهربائي.

وفي الأحداث السابقة فقط نستطيع أن نرى أي خواص الظواهر الكهربائية تعرض. وبطبيعة الحال كان لدى كولومب ومعاصريه هذا النموذج المتأخر أو هذا النموذج الذي عندما يطبق على مشكلة الجذب تنتج عنه نفس التوقعات وهذا هو السبب في أن كولومب كان قادراً على تصميم آلة أعطت نتيجة مشابهة لصياغة النموذج. ولكنه السبب أيضاً في أن النتيجة لم تفاجيء أحداً، وهذا هو السبب أيضاً في أن كثيرين من معاصري كولومب كانوا قادرين على التنبؤ بهذه النتيجة مقدماً. وحتى المشروع الذي يكون الهدف منه صياغة نموذج لا يهدف إلى اكتشاف غير متوقع.

ولكن إذا كان هدف العلم السوي لا ينصب على الاكتشافات الجوهرية الكبرى ـ وإذا اقترب الفشل من النتيجة وهو عادةً فشل العالم ـ عندئذٍ لماذا نتناول هذه المشكلات على الإطلاق؟ جزء من الإجابة قد تطور بالفعل. وعلى الأقل تكون النتائج التي بلغها العلماء في البحث العادي بالنسبة لهم نتائج عظيمة لأنها تضيف إلى النطاق والدقة اللذان يمكن بواسطتهما أن يطبق النموذج. ومع ذلك فإن هذه الإجابة لا تهتم بحماس وإخلاص العلماء اللذين يظهران في المشكلات الخاصة بالبحث السوي. ليس هناك من يكرس حياته لتطور قياس التحليل الطيفي أو إنتاج حل متطور لمشكلة اهتزاز الأوتار لسبب بسيط وهو أهمية المعرفة التي سيتم التوصل إليها من خلال ذلك. والمعطيات التي يتم الحصول عليها عن طريق إجراءات أكثر من ذلك بآلة (أداة) موجودة غالباً ما تكون معطيات على درجة كبيرة من الأهمية، ولكن هذه النشاطات غالباً ما تقابل بالاستخفاف من قبل العلماء لأنها تكرارات لإجراءات نفذت من قبل. وهذا الرفض يقدم المفتاح الخاص بخيالية مشكلة البحث السوي. وعلى الرغم من أن نتيجته يمكن أن يتم التوصل إليها، إلا أن الوسيلة لتحقيق هذه النتيجة تبقى محل شك كبير. ووضع مشكلة البحث السوي إلى نتيجة أو نهاية هو إنجاز بأسلوب جديد،

وهي تتطلب حل كل أنواع المعضلات المعقدة الآلية والقائمة على التصورات وكذلك المعضلات الرياضية. والرجل الذي ينجح يثبت أنه خبير في حل المعضلات (حَلاَّلُ المعضلات)، وذلك أن تحدي المعضلة جزء هام مما يقوده عادةً.

وعبارات «معضلة» و «حلال المعضلة» تظهر كثيراً في الأبحاث التي أصبحت بارزة بصورة متزايدة في الصفحات السابقة. و «المعضلات» بمعناها المستخدم هنا هي ذلك النوع الخاص من المشكلات الذي يساعد في اختبار الأصالة والمهارة في الحل والتفسيرات القاموسية هي «معضلة الصور المتقطعة ومعضلة الكلمات المتقاطعة» ومن المميزات أن هذه تشارك المشكلات الخاصة بالعلم السوي الذي يحتاج الآن إلى عزله. وليس مقياساً للخير في معضلة ما أن تكون نتيجة طريفة أو هامة. وعلى العكس من ذلك فإن المشكلات الصعبة بحق، مثل علاج السرطان أو عقد سلام دائم غالباً لا تكون معضلات على الإطلاق، وذلك لأنها قد لا تجد أي حل. ولننظر إلى معضلة الصور المتقطعة التي تختار قطعها عشوائياً من بين كل صندوقين مختلفين. ولما كانت هذه المشكلة تتحدى حتى أكثر الرجال عبقرية، فإنها لا يمكن أن تساعد كاختبار للمهارة في الحل. وبأي المعاني فهي ليست معضلة على الإطلاق. وعلى الرغم من القيمة الحقيقية ليست مقياساً (معياراً) للمعضلة، إلا أن هناك وجود مؤكد للحل.

مع ذلك فقد رأينا أن أحد الأشياء التي يكتسبها المجتمع العلمي مع النموذج هو مقياس لاختيار المشكلات التي يمكن التأكد من وجود حلول لها، عندما يكون النموذج أمراً مفروغاً منه. وهذه هي المشكلات الوحيدة إلى حد كبير التي يعتبرها المجتمع مشكلات علمية أو يشجع أعضائه على تبني هذه المشكلات. والمشكلات الأخرى بما فيها الكثير من المشكلات التي كان لها فيما سبق مقياساً ـ مرفوضة باعتبارها ميتافيزيقية، أو من اهتمام نظام آخر أو أحياناً باعتبارها مشكلات كبيرة تستحق الوقت. ويستطيع النموذج أن يخلص

المجتمع من هذه المشكلات الاجتماعية الهامة التي لا تقع تحت صورة المعضلة، لأنها لا يمكن أن توضع في عبارات الأدوات المفهومية والآلية التي يقدمها النموذج. ومثل هذه المشكلات يمكن أن تكون محيرة، وهو درس كشفت عنه بوضوح عدة جوانب من بيكونية القرن السابع عشر وكذلك بعض العلوم الاجتماعية المعاصرة. وأحد أسباب أن العلم السوي يبدو متقدماً بسرعة هائلة هو أن أصحابه يركزون على المشكلات التي يحفظها نقص الأصالة بعيداً عن الحل.

ومع ذلك إذا كانت مشكلات العلم السوي معضلات بهذا المعنى فإننا لم نعد بحاجة إلى أن نسأل عن السبب في أن العلماء يهاجمونها بمثل هذا الحماس والإخلاص. وقد ينجذب الإنسان للعلم لأسباب كثيرة. وبين هذه الأسباب الرغبة في الاستفادة وإثارة حدود اكتشاف جديدة والأمل في إيجاد نظام ما. إن هذه الدوافع وغيرها تساعد على تحديد المشكلات الخاصة التي سوف يرتبط بها العلماء فيما بعد. وعلاوة على ذلك على الرغم من أن النتيجة هي الإحباط إلا أن هناك سبب وجيه كي تجذب هذه الدوافع العلماء. ويثبت البحث العلمي بصفة عامة من وقت لآخر أنه نافع ويكشف عن حدود جديدة ويعرض لنظام ما ويختبر الاعتقاد الذي قبل لفترة طويلة. وعلى الرغم من ذلك فإن الفرد الذي ارتبط بمشكلة البحث السوي تقريباً لا يفعل أياً من هذه الأشياء وعندما يهتم بشيء من هذا تكون دوافعه من نوع مختلف. والتحدي الذي يقابله عندئذٍ هو الاعتقاد بأنه سوف ينجح في حل معضلة لم يستطع أحد أن يحلها من قبل أو أن يحلها بطريقة جيدة. إن كثيراً من العقول العلمية العظيمة قد كرست كل اهتمامها المحترف في طلب المعضلات من هذا النوع. وفي مناسبات كثيرة لا يقدم أي مجال تخصصي شيئاً آخر للقيام به.

ونعود الآن إلى جانب آخر أكثر صعوبة خاص بالتوازي بين

المعضلات والمشكلات الخاصة بالعلم السوي. وإذا كان علينا أن نصنفها كمعضلة فينبغي أن تتميز المشكلة بأكثر من حل مؤكد. وينبغي أن يكون هناك قواعد تحدد طبيعة الحلول المقبولة والخطوات التي يتم التوصل إليها عن طريقها. ومثلاً حل معضلة الصور المتقطعة ليست مجرد إعطاء صورة. فالطفل أو الفنان المعاصر يمكن أن يفعل ذلك عن طريق بعشرة قطع منتقاة كأشكال مجردة فوق أرضٍ محايدة. وهكذا فالصورة الناتجة قد تكون أفضل بكثير وتكون بالتأكيد أكثر أصالة من الصورة التي نتجت عنها المعضلة. وعلى الرغم من ذلك فإن هذه الصورة لن تكون حلاً. ولتحقيق ذلك يجب أن تقدم كل القطع، وجوانبها يجب أن تقلب، وتجمع القطع بحيث لا تكون هناك ثغرات هذه من القواعد التي تحكم حلول معضلة الصور المتقطعة. وهناك قيود مشابهة على الحلول الخاصة بمعضلات الكلمات المتقاطعة والألغاز ومشكلات الشطرنج وما إلى ذلك.

وإذا استطعنا أن نقبل استخداماً واسعاً لعبارة «قاعدة» عندئذٍ فإن المشكلات التي يمكن التوصل إليها داخل بحث تقليدي تعرض شيئاً ما يشبه هذه المجموعة من خواص (مميزات) المعضلة. والإنسان الذي يبني آلة ليحدد الأطوال الموجية البصرية لا ينبغي أن يكون مقتنعاً بجزء من الآلة التي تنسب مجرد أعداد خاصة إلى خطوط طيف خاصة. هذا الإنسان لا يكون مكتشفاً أو صاحب قياس، بل على العكس من ذلك يجب أن يحلل آلته في علاقتها بهيكل النظرية البصرية ليوضح بذلك أن الأعداد التي تقدمها آلته هي الأعداد التي تدخل النظرية باعتبارها أطوال الموجات، وإذا منعه غموض معين في النظرية أو جزء لم يتم تحلله من آلته، إذا منعه هذا أو ذاك من أن يكمل هذا التقرير فقد ينتهي زملاؤه إلى أنه لم يضع قياساً بشيء على الأقل. وعلى سبيل المثال نجد أن الحدود القصوى لتفرق الالكترون التي تم تشخيصها كجزئيات طول المجموعة الالكترونية لم يكن لها أهمية واضحة عندما لوحظت وسجلت

لأول مرة. وقبل أن أصبحت قياساً لأي شيء كان يجب أن تكون مرتبطة بنظرية تنبأت بالسلوك المشابه الموجة للشيء في الحركة. وحتى بعد أن أشير إلى هذه العلاقة فإن الآلة كان يجب أن يعاد تصميمها لكي ترتبط النتائج التجريبية بالنظرية بصورة لا لبس فيها.

وقيود من نفس هذا النوع فرضت على الحلول التي تم التوصل إليها للمشكلات النظرية. وفي خلال القرن الثامن عشر حاول هؤلاء العلماء أن يستمدوا الحركة الملاحظة للقمر من قوانين نيوتن عن الحركة والجاذبية وفشلوا باستمرار في أن يفعلوا ذلك. ونتيجة ذلك اقترح بعضهم استبدال قانون التربيع العكسي بقانون مختلف عنه (منحرف عنه) بمسافات صغيرة. ومع ذلك فمعنى هذا تغيير النموذج، لتحديد المعضلة الجديدة وليس من أجل حل المعضلة القديمة. وقد احتفظ العلماء بالقواعد حتى اكتشف أحدهم في سنة ١٧٥٠ كيف يمكن أن يطبق هذه القواعد بصورة ناجحة. والتغير في قواعد اللعبة هو وحده الذي يمكن أن يقدم البديل.

إن دراسة التقاليد العلمية السوية تكشف عن قواعد إضافية كثيرة، وهذه القواعد تقدم معلومات كثيرة حول الالتزامات التي يستمدها العلماء من نماذجهم. وما نستطيع أن نسميه الأنواع الرئيسية التي تنصب فيها هذه القواعد؟ إن الأكثر وضوحاً وربما الأكثر ترابطاً هو ما توضحه أنواع التعميمات التي لاحظناها الآن. وهذه قضايا ظاهرة للقانون العلمي وحول المفاهيم والنظريات العلمية. وبينما تستمر هذه القضايا أن تحظى بالشرف فهي تساعد في وضع المعضلات وفي تحديد الحلول التي تحظى بالقبول. وعلى سبيل المثال قوانين نيوتن أدت هذه الوظائف خلال القرنين الثامن عشر والتاسع عشر. وفي خلال ذلك كانت كمية المادة نوعاً وجودياً أساسياً بالنسبة لعلماء الطبيعة، وكانت القوى التي تعمل بين أجزاء من المادة موضوعاً بارزاً

للبحث. ففي الكيمياء كانت للقوانين ذات المعدلات (النسب) الثابتة والمحددة قوة مماثلة تماماً لوضع مشكلة الأوزان الذرية ولربط النتائج الخاصة بالتحليلات الكيميائية ولإعطاء الكيميائيين معرفة أي الذرات والجزئيات وأي التركيبات وأنواع الخليط كانت هذه النتائج. إن معادلات ماكسويل Maxwell وقوانين الديناميكا الحرارية الأستاتيكية تؤدي نفس الوظيفة الآن.

ومع ذلك فإن القواعد من هذا النوع ليست هي مجرد أو معظم التنوع الطريف الذي تستعرض الدراسة التاريخية. وعند مستوى أقل أو أكثر دقة من مستوى القوانين والنظريات يوجد على سبيل المثال كثرة من الالتزامات بنماذج مفضلة من الآلات والالتزامات بالطرق التي يمكن أن تستخدم فيها الآلات المقبولة بصورة مشروعة. ولقد لعبت وجهات النظر المتغيرة نحو دور النار في التحاليل الكيميائية دوراً حيوياً في تطوير الكيمياء في القرن السابع عشر. وقد واجه هلمهولتز Helmholtz في القرن التاسع عشر مقاومة شديدة من علماء الطبيعة للتصور الذي يذهب إلى أن التجريب الفيزيائي يمكن أن يوضح مجالهم. وفي هذا القرن يوضح تاريخ الخروماتوجرافيا - Chromatography الكيميائية تحمل الالتزامات الآلية التي تمد العلماء - مثل القوانين والنظرية - بقواعد اللعبة. وعندما نحلل اكتشاف أشعة إكس نجد أسباباً للالتزام بهذا النوع.

أما المستوى الأعلى، فهو الالتزامات الشبه ميتافيزيقية التي تعرضها الدراسة التاريخية بانتظام. وبعد حوالي سنة ١٦٣٠ وخاصة بعد ظهور كتابات ديكارت العلمية التي كان لها تأثير هائل، اعتقد معظم علماء الطبيعة أن الكون مؤلف من جسميات (ميكروسكوبية) وأن كل الظواهر الطبيعية يمكن أن تفسر بعبارات الشكل الكروي والحجم والحركة والتفاعل. وهذه

التزامات أثبتت أنها ميتافيزيقية ومذهبية. وهي كميتافيزيقية أخبرت العلماء بأي أنواع الموجودات احتواها الكون وأيها لم يحتويها: وكانت هناك مادة مشكلة فقط في الحركة. وكمذهبية أخبرت هؤلاء العلماء عن الشكل الذي يجب أن تتخذه القوانين النهائية والتفسيرات الأساسية: يجب أن تحدد القوانين الحركة الدائرية والتفاعل، ويجب أن يخضع التفسير أي ظاهرة طبيعية إلى الفعل الكروي (الدائري) في ظل هذه القوانين. ولما كان لا يزال المفهوم الكروي للعالم هاماً فقد أخبر العلماء بما يجب أن تكون عليه مشكلات أبحاثهم. على سبيل المثال كيميائي مثل بويل اعتنق الفلسفة الجديدة وأعطى اهتماماً خاصاً بردود الفعل التي قد ينظر إليها بأنها تحولات مشوهة. وقد عرضت هذه بوضوح لم تشهده الأفعال الأخرى عملية إعادة الترتيب الكروي التي يجب أن تخضع لكل تغيير كيميائي. ومؤثرات شبيهة للكروية يمكن أن تلاحظ في دراسة الميكانيكا والبصريات والحرارة.

وأخيراً هناك مجموعة التزامات بدونها لا يكون الرجل عالماً. فالعالم مثلاً يجب أن يكون مهتماً بفهم العالم وتوخي الدقة والنطاق. والالتزام بدوره يجب أن يقود العالم إلى القيام بالبحث بنفسه أو من خلال زملائه ـ في جانب معين من الطبيعة في تفصيل تجريبي كبير. وإذا عرض هذا البحث جوانب من الفوضى الواضحة، عندئذٍ فهذه الجوانب يجب أن تتحداه في أساليبه القائمة على الملاحظة أو في صياغته لنظرياته. ولا شك أنه لا تزال هناك قواعد أخرى من هذا النوع، وهي القواعد التي تمثل أمام العلماء على مر العصور.

إن وجود هذه الالتزامات القوية المتعلقة بالمفهوم والنظرية، والآلة والأسلوب هي مصدر أساسي للعلاقة بين العلم السوي وحل المعضلة. ولأن هذا المصدر يقدم القواعد التي تخبر أحد الأتباع بخاصية ناضجة فإنه يستطيع أن يركز على المشكلات الباطنة (المستترة) التي تحددها هذه القواعد

والمعرفة القائمة له. إذن ما يتحداه شخصياً هو كيف يأتي بحل للمعضلة القائمة. وفي هذه الجوانب وفي جوانب أخرى تلقى مناقشة المعضلات والقواعد الضوء على طبيعة الممارسة العلمية العادية. ولكن هذا الضوء يمكن أن يكون مضللاً بدرجة كبيرة. وعلى الرغم من أن هناك قواعد يتوارثها أتباع الخاصية العلمية في وقت معين، إلا أن هذه القواعد قد لا تحدد بنفسها كل ما تشترك فيه ممارسة هؤلاء المتخصصين. إن العلم السوي نشاط محدد تحديداً عالياً، لكنه ليس بحاجة إلى أن يكون محدداً تماماً بالقواعد. وهذا هو السبب في أنني في بداية هذه المقالة قدمت نماذج مشتركة أكثر من القواعد المشتركة، وافتراضات وآراء كمصدر لتقاليد البحث العادي. وأنا أرى أن القواعد تأتي عن النماذج، ولكن النماذج يمكن أن تقود البحث حتى في غياب القواعد.

الفَصْلُ الخَامِسُ

أولويّة النّماذج

لكي نكتشف العلاقة بين القواعد والنماذج والعلم السوي ننظر أولاً كيف يعزل المؤرخ مواضع الالتزام الخاصة التي وصفت بأنها قواعد مقبولة. والبحث التاريخي حول خاصية معينة في وقت معين يكشف عن مجموعة تفسيرات سائدة وشبيهة بالقياس لنظريات مختلفة في تطبيقاتها الخاصة بالمفهوم والملاحظة والآلة. وهذه هي نماذج المجتمع، التي تظهر في كتب النصوص وفي المحاضرات والتدريبات المعملية. وعن طريق دراستها والتدريب عليها يعرف أعضاء المجتمع حرفتهم (مهنتهم). وسوف يكتشف المؤرخ بطبيعة الحال بالإضافة إلى ذلك منطقة شبه الظل التي تحتلها الإنجازات التي لا تزال موضع شك، ولكن جوهر المشكلات المحلولة والأساليب الفنية (التكنيكات) سيكون عادةً واضحاً. وعلى الرغم من وجود أشكال غموض وقتي إلا أن نماذج المجتمع العلمي الناضج يمكن تحديده بارتياح نسبي.

إن تحديد النماذج المشتركة مع ذلك ليس هو تحديد القواعد المشتركة. وهذا يتطلب خطوة ثانية وهي خطوة من نوع مختلف إلى حد ما. وعندما يتعهد المؤرخ بهذا عليه أن يقارن نماذج المجتمع ببعضها وبتقارير البحث الجاري. وعندما يفعل ذلك يكون هدفه اكتشاف أي العناصر المعزولة ظاهرة وباطنة قد يجردها أعضاء هذا المجتمع من نماذجهم

ويجعلونها قواعد في أبحاثهم. إن إنساناً يحاول أن يصف أو يحلل تطور التقليد العلمي الخاص سوف يبحث بالضرورة في المبادىء المقبولة والقواعد التي من هذا النوع. ومن المؤكد أنه ـ كما أشرت من قبل ـ سيواجه نجاحاً جزئياً على الأقل. ولكن إذا كانت خبرته تشبه خبرتي في مجموعها، فسوف يكتشف أن البحث عن القواعد أكثر صعوبة وأقل إقناعاً من البحث عن النماذج. وبعض التعميمات التي يستخدمها ليصف المعتقدات المشتركة في المجتمع لن تقدم أي مشكلة. ومع ذلك فإن تعميمات أخرى بينهما تلك التي تستخدم فيما سبق بوصفها توضيحات (تفسيرات) سوف تبدو ظلاً قوياً للغاية. ولكن وضعها على هذا النحو يجعل من المؤكد تقريباً أن يرفضها بعض أعضاء المجموعة الذين يدرسهم. وعلى الرغم من ذلك إذا كان من الواجب فهم اتفاق تقاليد البحث في علاقتها بالقواعد، إلا أن بعض التنوع في الأساس العام في (النطاق) المتطابق يكون مطلوباً. ونتيجة ذلك أن البحث عن هيكل للقواعد التي تؤلف البحث التقليدي العادي يصبح مصدراً للإحباط المستمر والشديد.

ومع ذلك فالتعرف على هذا الإحباط يجعل من الممكن تشخيص مصدره. ويمكن أن يتفق العلماء على أن نيوتن أو لافوازييه أو ماكسويل أو أينشتين قدم حلاً مستمراً على مجموعة من المشكلات البارزة وما زال يختلف دون إدراك حول المميزات المجردة الخاصة التي تجعل هذه الحلول مستمرة. ويمكن أن تتفق هذه الحلول في تجانسها مع النموذج بدون الموافقة على تفسير كامل له. وغياب تفسير القياس أو غياب الخضوع للقواعد لن يمنع النموذج من قيادة البحث. ويمكن أن يحدد العلم السوي بالمراقبة المباشرة للنماذج. وهي عملية تساعدها في الغالب صياغة القواعد والافتراضات دون الاعتماد عليها. وفي الحقيقة فإن وجود النموذج لا يحتاج حتى إلى الإشارة إلى أي مجموعة كاملة من القواعد.

وأول تأثير لهذه القضايا هو إثارة المشكلات. ولكن في غياب هيكل القواعد والذي يقيد العالم بالتقليد العلمي السوي؟ وما الذي يمكن أن تعنيه عبارة «الفحص المباشر للنماذج؟» والإجابات المحايدة على هذه الأسئلة قابلت تطورها على يد لودفيج فيتجنشتين Wittgenstein وإن كان ذلك في سياق مختلف تماماً. ولأن هذا السياق أساسي ومألوف، فسوف يساعد على التفكير في صورة مناقشة أولاً. وقد تساءل فيتجنشتين «ما الذي نحتاج إلى معرفته حتى نطبق كلمات مثل «كرسي» أو «ورقة شجر» أو «لعبة» دونما لبس أو إثارة نقاش؟

هذا السؤال قديم جداً وقد جاءت الإجابة عليه بصفة عامة تقول: إننا ينبغي أن نعرف بوعي وإدراك ما هو «الكرسي» أو «ورقة الشجر» أو «اللعبة». إن علينا أن نفهم مجموعة إنجازات تكون كل اللعبات، واللعبات فقط حاصلة عليها بصفة عامة. ومع ذلك فقد انتهى فيتجنشتين إلى أنه بإعطاء الطريقة التي تستخدم اللغة ونوع العالم بها، لا يكون هناك داع لهذه المجموعة من الخواص. ورغم أن مناقشة بعض الإنجازات التي تشترك بعدد اللعبات والكراسي وأوراق الشجر تساعدنا على معرفة كيفية استخدام اللفظ المناسب الذي يتطابق معها، إلا أنه ليست هناك مجموعة خواص (مميزات) تكون قابلة للتطبيق في نفس الوقت على كل أعضاء الطبقة وعليهم وحدهم. وعندما تواجه بنشاط أو يلاحظ من قبل فإننا نطبق لفظ «لعبة» لأن ما نراه يحمل شبهاً عائلياً مع عدد من النشاطات التي عرفناها سابقاً بهذا الاسم. وباختصار فبالنسبة إلى فيتجنشتين نجد أن «اللعبات) و «الكراسي» و «أوراق الشجر» تمثل عائلات طبيعية وكل منها تألف من تداخل وتقاطع التشابه. ولكن فقط إذا كانت أسرة الأسماء والتي قلنا: أنها متداخلة أو تشتق من بعضها البعض ليست من عائلات (أسر) طبيعية. فسوف يقدم نجاحنا في التعرف عليها وتسميتها الدليل على مجموعة من المميزات المشتركة التي

تتطابق مع كل مجموعة أسماء نستخدمها.

وشيء من هذا القبيل قد يساعد على مشكلات مختلفة من البحث وعلى أساليب فنية (تكنيكات) تنشأ داخل التقليد العلمي السوي. وما تشترك فيه هذه كلها ليس أنها تقبل مجموعة ما من القواعد والافتراضات التي تعطي للتقليد صفته (خاصيته). ولكن تتقارب في الشبه من حيث الهيكل العلمي الذي يعرفه المجتمع بين إنجازاته المتحققة. ويعمل العلماء من النماذج التي توصلوا إليها من خلال التعليم والعرض المتتابع للأدب وغالباً ما يكون ذلك بدون معرفة تامة مع حاجاتهم إلى معرفة ما هي الخواص التي تعطيها هذه النماذج (الموديلات) إلى نماذج المجتمع. ولأنها تفعل ذلك فهي ليست بحاجة إلى مجموعة كاملة من القواعد. والتوافق (الترابط) الذي يعرضه البحث التقليدي الذي تشترك فيه هذه القواعد قد لا يدل حتى على وجود هيكل للقواعد أو الافتراضات التي لا يغطيها البحث الإضافي التاريخي، أو الفلسفي. إن العلماء عادةً لا يتناقشون حول المشكلة الخاصة أو الحل. مما يدفعنا إلى الاعتقاد في أنهم يعرفون الإجابة. ولكن يبدو أن السؤال والإجابة لا يتناسب مع بحثهم. ويمكن أن تكون النماذج أولية وأكثر ترابطاً وأكثر اكتمالاً من أي مجموعة بالنسبة للبحث الذي قد يكون مجرداً عنها بشكل لا لبس فيه.

وحتى الآن، وهذه النقطة نظرية تماماً، يمكن أن تحدد النماذج العلم السوي بدون تداخل القواعد التي يمكن اكتشافها. ولأحاول الآن أن أكثر من توضيحها وأهميتها بعرض بعض الأسباب التي تجعلني أعتقد أن النماذج تعمل على هذا النحو بالفعل. **وأول الأسباب** وقد ناقشناه التفصيل فيما سبق، هو الصعوبة الشديدة في اكتشاف القواعد التي تقود التقاليد العلمية السوية. وهذه الصعوبة تشبه تماماً الصعوبة التي تواجه الفيلسوف عندما

يحاول أن يتكلم عن الشيء المشترك بين كل الألعاب (اللعبات). **والسبب الثاني** تمتد جذوره إلى طبيعة التعليم العلمي. ويجب أن يكون واضحاً أن العلماء لا يتعلمون المفاهيم والقوانين والنظريات بصورة مجردة أبداً أو بأنفسهم. ولكن هذه الأدوات الفكرية توجه من البداية في وحدة أساسية تاريخية وتعليمية تعرضها من خلال تطبيقاتها. والنظرية الجديدة دائماً ما تواجه بالتطبيقات على نطاق ما دقيق من الظواهر الطبيعية، وبدون هذا فلن يكون هناك حتى طلب لقبولها. وبعد أن تقبل، تصاحب نفس هذه التطبيقات أو غيرها النظرية في كتب النصوص التي يتعلم منها الأتباع القادمون مهنتهم. وليست عملية تعليم النظرية مجرد تطوير أو توثيق. بل على العكس إذ تعتمد على دراسة التطبيقات بما فيها ممارسة حل المشكلات بالقلم والورقة وبالأدوات الموجودة في المعمل. وعلى سبيل المثال إذا اكتشف دارس لديناميكية نيوتن معنى لفظة مثل «قوة» و «كتلة» و«فضاء» و «زمان» فإنه يفعل ذلك من تعريفات غير مكتملة لكنها أحياناً مساعدة في نصفه بأقل من فعله لذلك عن طريق الملاحظة والممارسة في تطبيق هذه المفاهيم على حل المشكلة.

إن هذه العملية التعليمية عن طريق التمرين أو العمل تستمر من خلال عملية بداية الاحتراف. وعندما يتقدم الدارس بمنهجه الجديد من خلال رسالته في الدكتوراه فإن المشكلات الماثلة أمامه تصبح أكثر تعقيداً وأقل اكتمالاً من حيث أسبقيتها ولكنها تمضي في طريق صياغته[1] تقريباً في إنجازات سابقة، مثل المشكلات التي تشغله بصورة عادية أثناء استقلاله العلمي في حياته الخاصة. والمرء حر في أن يعتقد أن العالم في مكان ما قد جرد بصورة مبدئية قواعد اللعبة لنفسه، ولكن هناك سبب بسيط للاعتقاد في مبدئية قواعد اللعبة لنفسه،فعلى الرغم من أن علماء كثيرين يتحدثون ببساطة ـ عن الافتراضات الفردية الخاصة التي تخضع لجزء دقيق من البحث السوي، إلا أنهم أفضل قليلاً

من الرجال العاديين في تشخيصهم للقواعد الموضوعة في مجالهم، ومشكلاته الخاصة وأساليبه. وإذا عرفوا هذه التجريدات كلية فسوف يعرضون من خلال قدرتهم على القيام ببحث ناجح. ومع ذلك فإن هذه القدرة يمكن أن تدرك بدون السير على القواعد الافتراضية للعبة.

ولهذه النتائج الخاصة بالتدريب العلمي قد يقدم سبباً ثالثاً للاعتقاد في أن النماذج تقود البحث بصياغة مباشرة إلى جانب القواعد المجردة. ويستطيع العلم السوي أن يتقدم بدون قواعد فقط طالما يقبله المجتمع العلمي دون التساؤل عن حلول المشكلات الخاصة التي أنجزت فعلاً. ولذلك يجب أن تصبح القواعد هامة، وعدم الاهتمام المميز بها يجب أن يتوقف عندما نشعر بأن النماذج غير ثابتة. وهذا هو ما يحدث فعلاً. إن الفترة السابقة على النموذج تتميز بانتظام بمناقشات عميقة حول الأساليب المشروعة والمشكلات ومعايير الحلول، على الرغم من أن هذه تساعد في تحديد المدارس أكثر من تقديمها لاتفاق. وقد لاحظنا من قبل قليلاً من هذه المناقشات في البصريات والكهرباء، وقد قامت بدور كبير في تطور الكيمياء في القرن السابع عشر والبيولوجيا في أول القرن التاسع عشر. وعلاوة على ذلك فإن مناقشات من هذا النوع لا تتوقف بظهور النموذج. وعلى الرغم من أنها لا توجد في أثناء فترات العلم السوي إلا أنها تحدث بانتظام قبل وأثناء الثورات العلمية، تلك الفترات التي تكون فيها النماذج واقعة تحت الهجوم في بدايتها ثم بعد ذلك تصبح موضوعاً للتغير. والانتقال من ميكانيكا نيوتن إلى الميكانيكا الكمية أثار مناقشات كثيرة حول الطبيعة ومقاييس الطبيعيات، وبعض هذه المناقشات لا يزال مستمراً. وهناك ناس على قيد الحياة الآن يستطيعون أن يتذكروا المناقشات المشابهة التي أثارتها نظرية ماكسويل الكهرومغناطيسية والميكانيكا الاستاتيكية. إن التشابه بين ميكانيكية جاليليو ونيوتن أظهرت مجموعة مشهورة من المناقشات مع أتباع أرسطو وديكارت

وليبنتز حول المقاييس المشروعة للعلم. وعندما يختلف العلماء حول ما إذا كانت المشكلات الأساسية في مجالهم قد حلت، عندئذٍ فالبحث عن القواعد يكتسب وظيفة لم يكن يملكها عادةً. وحين تظل النماذج ثابتة يمكن أيضاً لهم أن يعملوا بدون اتفاق على النسبية أو بدون أي محاولة لذلك على الإطلاق.

وهناك سبب رابع للتسليم بالنماذج حالة أساسية تفضل على القواعد والافتراضات المشتركة، ويمكن بهذا السبب أن نختتم هذا الفصل. في التقديم لهذه المقالة اقترحت أنه يمكن أن يكون هناك ثورات صغيرة إلى جانب الثورات الكبرى، حتى تؤثر بعض الثورات في أعضاء محترفين لتخصص ما، والفصل التالي سوف يعرض الثورات المختارة من هذا النوع. وإذا كان العلم السوي صارماً جداً وإذا كانت المجتمعات العلمية مترابطة جداً كما سبق أن وضحت المناقشة، كيف يمكن أن يؤثر تغيير النموذج فقط في مجموعة فرعية صغيرة؟ إن ما قيل حتى الآن قد يبدو أنه يشير إلى أن العلم السوي بحث موحد فريد يجب أن يقوم أو يسقط بأي نموذج من نماذجه أو معها جميعها. ولكن العلم يندر فيما يبدو أن يكون على هذا النحو. وبالنظر إلى كل المجالات معاً يبدو أنه تركيب لا يتطابق إلا في قليل مع أجزائه المختلفة. ولا شيء في هذه النقطة يجب أن يتنافى مع هذه الملاحظة المعروفة نفسها. بل على العكس فإن النماذج البديلة للقواعد يجب أن تجعل اختلاف المجالات العلمية والتخصصات العلمية أسهل فهماً وإدراكاً، وعندما توجد القواعد الظاهرة، تكون عادةً شائعة لمجموعة علمية عريضة، ولكن النماذج لا تحتاج إلى أن تكون كذلك. ويتعلم أتباع المجالات المستقلة استقلالاً واسعاً ـ مثل الفلك وعلم النبات ـ عن طريق التعرض لإنجازات مختلفة تماماً تم وصفها في كتب مختلفة كثيرة. حتى الرجال الذين يبدأون بدراسة كثير من نفس الكتب والإنجازات قد يكتسبون نماذج أكثر اختلافاً في مجال تخصصهم.

ولننظر الآن في المجتمع الذي يتألف من كل علماء الفيزياء. إن كل عضو في هذه الجماعة يتعلم القوانين مثل قوانين الميكانيكا الكمية، ومعظمهم يستخدم هذه القوانين في نقطة ما من بحثهم أو تعليمهم. ولكنهم جميعاً لا يتعلمون نفس التطبيقات الخاصة بهذه القوانين، ولذلك فليس جميعهم يتأثر بنفس الطريقة عن طريق التغيرات في الممارسة الميكانيكية الكمية. وفي طريق التخصص المحترف يواجه قليل من علماء المبادىء الأساسية لميكانيكا الكم. ويدرس آخرون بالتفصيل تطبيقات النموذج الخاص بهذه المبادىء على الكيمياء، وآخرون يدرسون تطبيقاته على الطبيعيات الصلبة وهكذا. وما تعنيه ميكانيكاً الكم بالنسبة لكل منهم يعتمد على الدروس التي تعلمها، والنصوص التي قرأها، والمجلات العلمية التي درسها. وينجم عن هذا، أنه رغم أن التغير في قانون ميكانيكا الكم سوف يكون ثورياً بالنسبة لكل هذه المجموعة، فإن التغير ينعكس فقط على نموذج أو آخر من تطبيقات ميكانيكاً الكم حتى يصبح ثورياً بالنسبة للأعضاء المحترفين على وجه الخصوص. أما بالنسبة لبقية الأعضاء المحترفين، وكذلك بالنسبة لمن يمارسون العلوم الفيزيائية الأخرى، فلن يحتاج الأمر بالنسبة لهم أن يكون ثورياً على الإطلاق. وباختصار، رغم أن ميكانيكاً الكم (أو الديناميكا النيوتونية، أو النظرية الكهرومغناطيسية) تعد نموذجاً لمجموعات علمية كثيرة، فإنها ليست نفس النموذج بالنسبة لكل المجموعات. ومن ثم فإنها يمكن أن تحدد تقاليد متعددة للعلم السوي تتداخل مع بعضها بدون أن تكون متساوقة في الوجود. والثورة تنتج من خلال واحد من هذه التقاليد بدون أن تمتد للجوانب الأخرى.

وهناك توضيح مختصر لأثر التخصص قد يعطي قوة إضافية إلى كل هذه المجموعة من النقاط. إن الباحث الذي يأمل في أن يتعلم شيئاً عما تناوله العلماء في النظرية الذرية يكون عالم طبيعة متميزاً وكيميائياً بارزاً، سواء

أكانت ذرة الهليوم جزئية أو لم تكن كذلك. وبالنسبة للكيميائي كانت ذرة الهليوم جزئية لأنها تفعل ما يفعله في نظرية الغازات. وبالنسبة للفيزيائي لم تكن ذرة الهيليوم جزئية لأنها لا تعرض أي طيف جزيئي. وكلاهما يتحدث عن نفس الجزء، لكنهما ينظران إليه من خلال أبحاثهما الخاصة. وخبراتهما في حل المشكلات هي التي أخبرتهما ما الذي ينبغي أن يكون عليه الجزيئي. ولا شك أن خبراتهما كانت تحمل أشياء كثيرة مشتركة. لكنهما لم يقولا في هذه الحالة نفس الشيء. وسوف نكتشف كيف يمكن أن تكون الاختلافات في النموذج المتتابع (الناتج).

الفَصْلُ السَّادِس

الشذوذ وظهور الإكتشافات العِلمِيّة

إن العلم السوي، وهو النشاط الموجه لحل المعضلة والذي توا ما بحثنا، أصبح عبارة عن الأبحاث المتراكمة، وهي ناجحة في تحقيق أهدافها التي تنصب في الثبات على امتداد النطاق والوقت في المعرفة العلمية. ويتناسب هذا العلم في كل هذه النواحي مع الدقة الكبيرة التي تميز الصورة المألوفة للعمل العلمي. ولا يهدف العلم السوي إلى اكتشافات الواقعة أو النظرية. وعندما يكون هذا العلم ناجحاً فإنه لا يجد شيئاً من هذا. ومع ذلك فإن الظواهر الجديدة غير المتوقعة لا يغطيها عادةً البحث العلمي، والعلماء كثيراً ما اخترعوا النظريات الجديدة. حتى التاريخ يرى أن العمل العلمي يطور التكنيك القوي الفريد لتقديم مفاجآت من هذا النوع. وإذا كانت صفة العلم هذه في حاجة إلى إعادة نظر، فعندئذٍ يجب أن يكون البحث في ظل النموذج طريقة فعالة في تغيير النموذج. وهذا هو ما تفعله الاكتشافات الأساسية للواقعة والنظرية.

ويجب علينا الآن أن نسأل كيف تكون التغيرات من هذا النوع بحيث ننظر في الاكتشافات الأولى أو اكتشافات الواقعة ثم بعد ذلك الاختراعات أو اكتشافات النظرية؟ وهذا التمييز بين الاكتشاف والاختراع أو بين الواقعة والنظرية سوف يثبت في الحال أنه مصطنع إلى حد كبير. وصناعته هي مفتاح هام لعديد من مقالات هذا الموضوع الرئيسية. وبفحص الاكتشافات المختارة في بقية هذا الفصل، سنجد في الحال أنها ليست أحداثاً مستقلة

ولكنها قصة ممتدة بهيكل منتظم. ويبدأ الاكتشاف بإدراك الشذوذ، مثلاً يبدأ بمعرفة أن الطبيعة تحطم إلى حد ما توقعات النموذج التي تحكم العلم السوي. عندئذٍ يستمر بكشف أكثر، أو أقل، امتداداً لنطاق الشذوذ. وينتهي فقط عندما تصح نظرية النموذج حتى يصبح الشاذ متوقعاً. إن التوصل إلى نوع جديد من الواقعة يتطلب توظيفاً إضافياً للنظرية، وحتى يكتمل هذا التصويب وحتى يعرف العالم أن ينظر إلى الطبيعة بصورة مختلفة، لا تكون الواقعة الجديدة واقعة علمية على الإطلاق.

ولنرى كيف يتداخل اكتشاف الواقعة والنظرية في الاكتشاف العلمي عن طريق بحث مثال معروف بصفة خاصة، وهو اكتشاف الأكسجين. إن ثلاثة رجال مختلفين على الأقل يدعون ذلك بطريق مشروع، وكثير من الكيمائيين الآخرين سنة ١٧٧٠ لا بد أنهم حضروا الهواء في الأواني المعملية دون أن يعرفوه. إن تقدم العلم السوي في هذه الكيمياء الهوائية مهد الطريق إلى اقتحام هذا المجال وكان أول المدعين لإعداد مقال خالص نسبياً عن الغاز هو سويديش أبوثيكارى Swedish apothcary، وسكيلي C. W. Scheele ومع ذلك فقد نتجاهل عمله طالما لم ينشر حتى أعلن اكتشاف الأكسجين مراراً في أماكن أخرى ومن ثم لم يكن له أثر على النموذج التاريخي الذي يهمنا هنا للغاية. وثاني من ادعوا هذا كان العالم البريطاني جوزيف بريستلي Joseph Priestley الذي جمع الغاز الذي يخفف بأكسيد الزئبق الأحمر المنصهر ضمن بحثه العادي المطول عن «الهوائيات» الذي **يشتمل على عدد كبير من الجواهر الصلبة، وفي ١٧٧٤ تعرف على الغاز الذي** قدمه على أنه الأكسيد النتري، وفي سنة ١٧٧٥ أدت به اختبارات كثيرة إلى هواء عام بأقل من كميته المعتادة من الأكسجين. والمدعي الثالث هو لافوازييه الذي بدأ العمل الذي أدى به إلى الأكسجين بعد تجارب بريستلي في سنة ١٧٧٤ وكذلك نتيجة لفكرة من أفكار بريستلي. وفي أوائل عام ١٧٧٥ سجل

لافوازييه أن الغاز الذي يتم الحصول عليه عن طريق تسخين أكسيد الزئبق الأحمر «كان هواء كاملاً في ذاته دونما بديل (تغيير) . . . وهو يخرج أشد نقاء وأكثر قبولاً للاستنشاق» وفي عام ١٧٧٧ وبمساعدة الفكرة الثانية من أفكار بريستلي، انتهى لافوازييه إلى أن الغاز نوع مميز ـ وهو أحد النوعين الرئيسيين الذين يتكونان منهما الهواء ـ وهي النهاية التي لم يكن بريستلي قادراً على قبولها .

ويثير هذا الباترون من الاكتشاف تساؤلاً يمكن أن يطرح حول كل ظاهرة جديدة يمكن أن تدخل في إدراك العلماء . هل كان بريستلي أو لافوازييه أول من اكتشف الأكسجين؟ على أية حال نقول : «متى اكتشف الأكسجين؟» ، لأنه بهذه الصورة يمكن الإجابة عن هذا السؤال إذا كان واحداً من هؤلاء موجوداً . وحول الأسبقية والتاريخ لا تهمنا الإجابة مطلقاً ، وعلى الرغم من ذلك فإن محاولة تقديم إجابة ما ، سوف تلقى الضوء على طبيعة الاكتشاف ، لأنه ليس هناك إجابة من النوع الذي يسعى إليه . وليس الاكتشاف نوعاً من العملية التي يطرح السؤال حولها . والحقيقة موضع السؤال هي رمز لشيء ما منحرف في صورة العلم التي تعطي الاكتشاف دوراً أساسياً للغاية . ولننظر مرة ثانية إلى مثالنا . إن ادعاء بريستلي لاكتشاف الأكسجين يقوم على أسبقيته في فصل الغاز الذي عرف فيما بعد بالنوع المميز . ولكن مثال بريستلي لم يكن نقياً (خالصاً) وقد تم هذا على يد كل من يملأ الزجاجات بهواء الجو. وبالإضافة إلى ذلك إذا كان بريستلي هو المكتشف فمتى كان هذا الاكتشاف؟ وفي سنة ١٧٧٤ اعتقد أنه حصل على الأكسيد النتري وهو النوع الذي عرفه من قبل . وفي سنة ١٧٧٥ رأى أن الغاز هواء محترق (متأكسد) ما زال غير الأكسجين أو بالنسبة للكيميائيين يعتبر نوعاً من الغاز غير متوقع . وقد يكون ادعاء لافوازييه أقوى ، لكنه يكشف عن نفس المشكلة . وإذا رفضنا نسبته إلى بريستلي فإننا لا نستطيع أن ننسبه إلى

لافوازييه، نتيجة للعمل سنة ١٧٧٥ الذي أدى به إلى التعرف على الغاز على أنه «هواء كامل في ذاته» ونحن ننتظر عمل سنة ١٧٧٦ وسنة ١٧٧٧ الذي قاد لافوازييه ليس فقط إلى رؤية الغاز بل إلى ماهية الغاز. ولكن هذا النسب يمكن طرح التساؤل حوله، لأنه في سنة ١٧٧٧ وإلى آخر حياة لافوازييه وهو يصر على أن الأكسجين «مبدأ حموضة» ذرى وأن غاز الأكسجين تكون فقط عندما اتحد هذا المبدأ مع الحرارة، مادة الحرارة. بناء على ذلك، هل لنا أن نقول أن الأكسجين لم يكن قد اكتشف بعد في سنة ١٧٧٧؟ قد يعزي بعضهم على أن يفعلوا ذلك، ولكن مبدأ الحموضة لم يستبعد من الكيمياء حتى بعد سنة ١٨١٠. لقد أصبح الأكسجين جوهراً كيميائياً قياسياً قبل تاريخي سنة ١٨١٠ وسنة ١٨٦٠.

ونحن بحاجة واضحة إلى مفردات جديدة ومفاهيم جديدة لتحليل الأحداث قبل اكتشاف الأكسجين. وعلى الرغم من صحة جمله: «اكتشف الأكسجين» إلا أنها مضللة باقتراح أن اكتشاف شيء ما فعل فردي بسيط يتطابق مع مفهومنا المعتاد للرؤية. وهذا هو السبب الذي يجعلنا نفترض أن الاكتشاف مثل الرؤية واللمس يجب أن يكون قابلاً لأن ينسب بصورة واضحة إلى فرد أو إلى زمن. ولكن النسب الأخير غير ممكن على الدوام، أما النسب الأول فغالباً ما يكون كذلك. ونحن إذ نتجاهل سكيلي نستطيع أن نقول أن الأكسجين لم يكتشف قبل سنة ١٧٧٤. ويمكن أن نقول أنه اكتشف سنة ١٧٧٧ أو بعد ذلك بفترة قصيرة. ولكن في هذه الحدود أو ما يشابهها لا بد أن تكون أي محاولة لتاريخ الاكتشاف بديهية، لأن اكتشاف نوع جديد من الظواهر يكون بالضرورة حدثاً مركباً، وهو ما يتضمن معرفة كون شيء ما، وماهية هذا الشيء. ولنلاحظ مثلاً أنه إذا كان الأكسجين هواءً متأكسداً، فلنا أن نصر ـ بدون تردد ـ على أن بريستلي هو الذي اكتشفه على الرغم من أننا لا زلنا لا نعرف تماماً متى حدث ذلك، ولكن إذا كانت الملاحظة وصياغة

المفهوم والحقيقة والتطابق مع النظرية مرتبطة بصورة لا تقبل الانفصال بالاكتشاف، عندئذٍ يكون الاكتشاف عملية ويجب أن يستغرق زمناً. وعندما تعد كل أنواع المفاهيم المتطابقة مسبقاً، في هذه الحالة لن تكون فيها الظاهرة ذات نوع جديد.

ولنسلم الآن بأن الاكتشاف يتضمن عملية ممتدة، ما لم تكن طويلة بالضرورة، فيما يختص بصياغة المفهوم. هل يمكن أن نقول أيضاً: أنه يتضمن تغييراً في النموذج؟ لم تقدم بعد إجابة عامة على هذا التساؤل، ولكن في هذه الحالة على الأقل يجب أن تكون الإجابة نعم. إن ما أعلنه لافوازييه في مقالاته من سنة ١٧٧٧ . . . فصاعداً لم يكن اكتشاف الأكسجين كنظرية الأكسجين في الاحتراق، وكانت هذه النظرية مفتاحاً لإعادة صياغة الكيمياء لدرجة تصل إلى أن يطلق عليها الثورة الكيميائية. وفي واقع الأمر إذا لم يكن اكتشاف الأكسجين جزءاً مرتبطاً بظهور نموذج جديد للكيمياء، فإن السؤال عن الأفضلية (الأسبقية) الذي بدأنا منه لن يبدو غاية في الأهمية. وفي هذه الحالة كما هو الأمر في حالات أخرى تختلف القيمة القائمة. على ظاهرة جديدة وعلى مكتشفيها مع تقديرنا للحد الذي تحطم فيه الظاهرة مساهمات (إنجازات) النموذج الموضوع. ومع ذلك فمما يمكن أن يكون هاماً فيما بعد ملاحظة اكتشاف الأكسجين لم يكن في حد ذاته سبباً في التغير في النظرية الكيميائية. وقبل أن يقوم لافوازييه بأي دور في اكتشاف الغاز الجديد، كان مقتنعاً بأن شيئاً ما كان خطأ في نظرية الأكسجين (الاحتراق) وأن الأجسام المحترقة تمتص جزءاً ما من الهواء. كل هذا سجله في مذكرات وضعها في سكرتارية الأكاديمية الفرنسية في سنة ١٧٧٢. إن ما فعله العمل في الأكسجين هو أنه قدم صورة إضافية وتركيباً إضافياً لإحساس لافوازييه بأن هناك شيئاً ما خاطئاً. لقد أخبره هذا الإحساس بشيء كان يعد بالفعل لاكتشافه ـ وهو طبيعة الجوهر الذي ينقله الاحتراق من الهواء. إن

هذه المعرفة بالصعوبات ينبغي أن تكون جزءاً هاماً لما تمكن لافوازييه من رؤيته في التجارب مثل غاز بريستلي والذي كان بريستلي قادراً على رؤيته بنفسه. وعلى العكس من ذلك والحقيقة إن إعادة النظر في النموذج بحاجة إلى رؤية ما رآه لافوازييه ينبغي أن تكون السبب الرئيسي في أن بريستلي غير قادر على رؤيته إلى آخر حياته الطويلة.

وهناك مثالان آخران يحددان كل ما قيل وفي نفس الوقت ينقلاننا عن تفسير طبيعة الاكتشافات إلى فهم الظروف التي تظهر في ظلها في العلم. وفي محاولة تقديم الأساليب الرئيسية التي يمكن للاكتشافات أن تأتي حولها، تختار هذه الأمثلة لتكون مختلفة كلها عن الأخرى وتكون مختلفة أيضاً عن اكتشاف الأكسجين. والمثال الأول هو أشعة أكس وهو حالة اكتشاف قديمة ونموذج يحدث بصورة متكررة أكثر من المقاييس غير الشخصية للتقرير العلمي الذي يسمح لنا بأن ندركها ببساطة. وقصة هذا المثال تبدأ في اليوم الذي قاطع فيه عالم الطبيعة روينتجين Roentgen البحث السوي بأشعة المهبط، لأنه لاحظ أن شاشة الباريوم على مسافة معينة من آلته الرمحية الشكل قد توهجت (احترقت) عندما دخلت النار في العملية وهناك أبحاث أخرى دلت على أن سبب التوهج قد أتى مباشرة من أنبوبة أشعة المهبط. وقبل أن يعلن روينتجين اكتشافه أقنع نفسه بأن تأثيره لا يرجع إلى أشعة المهبط ولكن إلى عامل يشبه الضوء على الأقل.

كذلك هناك اكتشاف نموذج يكشف تشابهاً صارخاً مع اكتشاف الأكسجين: فقبل أن يجرب لافوازييه أكسيد الزئبق قام بتجارب لم تقدم النتائج المشتركة في نموذج الأكسجين (الاحتراق) وقد بدأ اكتشاف روينتجين بمعرفة أن شاشته توهجت حيث يجب أن لا تكون كذلك، وفي الحالتين قام إدراك الشذوذ بتمهيد الطريق لإدراك الاكتشاف. ولكن في

الحالتين، كان إدراك أن هناك شيئاً ما خاطئاً هو وحده التمهيد للاكتشاف. فلا الأكسجين ولا أشعة أكس نتج عن عملية التجريب والمطابقة، وعلى سبيل المثال: في أي نقطة من نقاط بحث رونتجين يجب أن نقول أن أشعة أكس قد اكتشفت فعلاً؟ فليكن باحث آخر على الأقل رأى هذا التوهج، ولم يكتشف شيئاً على الإطلاق. كذلك لا يمكن أن تندفع لحظة الاكتشاف إلى نقطة أثناء الأسبوع الأخير من البحث، الذي عن طريقه كان يكشف رونتجين خواص الإشعاع الجديد الذي كان قد اكتشفه فعلاً. ونستطيع أن نقول أيضاً أن أشعة أكس ظهرت في فيرسبرج Würzburg بين ٨ نوفمبر و ٢٨ ديسمبر سنة ١٨٩٥.

وفي المجال الثالث يكون وجود المتوازيات الهامة بين اكتشافي الأكسجين وأشعة أكس أقل وضوحاً. وعلى العكس من اكتشاف الأكسجين لم يكن اكتشاف أشعة أكس ـ على الأقل لمدة عقد بعد هذا الحدث ـ متضمناً أي ثورة واضحة في النظرية العلمية. فبأي المعاني إذن يمكن أن يقال أن تطابق (تشابه) الاكتشاف حاصل على نموذج متغير بالضرورة؟ إن حالة إنكار مثل هذا المتغير قوية للغاية وحتى نتأكد، فإن النماذج التي أشار إليها رونتجين ومعاصروه لا يمكن أن تستخدم نبوءة (تنبؤ) لأشعة أكس. (لم تكن نظرية الكهرومغناطيسية لماكسويل قد قبلت بعد في كل مكان، وكانت نظرية أشعة المهبط مجرد تأمل من التأملات العديدة الجارية). ولكن هذه النماذج لم تمنع وجود أشعة أكس كما منعت نظرية الأكسجين (الاحتراق) تفسير لافوازييه لغاز بريستلي، ولكن على العكس ففي عام ١٨٩٥ قبلت النظرية العلمية المقبولة وممارستها عدداً من صور الإشعاع المرئي والأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية. ولماذا لا يمكن قبول أشعة أكس مجرد من مجموعة معروفة جيداً من الظواهر الطبيعية؟ ولماذا لا تقبل هذه الأشعة مثلاً بنفس الطريقة مثل اكتشاف عنصر كيميائي إضافي؟ ولا يزال

البحث جارياً عن العناصر الجديدة لشغل الأماكن الخالية في المائدة الدائرية، ولا تزال توجد هذه العناصر في أيام رونتجين. وتتبع هذه العناصر كان مقياساً للعلم السوي، وكان النجاح بمثابة مناسبة فقط للتهنئة وليس للمفاجأة، (للدهشة).

ومع ذلك فقد قوبلت أشعة أكس ليس فقط بالدهشة ولكن أيضاً بالصدمة. وفي البداية أعلن اللورد كيلفن Lord Kelvin أنها خدعة واضحة. وعلى الرغم من أن آخرين لم يشككوا في الدليل، إلا أنهم ترددوا في ذلك. وعلى الرغم من أنه لم تكن هناك نظرية قائمة تمنع أشعة أكس، إلا أنها قضت على توقعات كبيرة. وأعتقد أن هذه التوقعات كانت باطنة في تصميم وتفسير الإجراءات التي تقوم في المعمل. وفي سنة ١٨٩٠ كانت آلة أشعة المهبط تستخدم استخداماً واسعاً في كثير من المعامل الأوروبية. وإذا كانت آلة رونتجين قدمت أشعة أكس، عندئذٍ كان على عدد من التجريبيين الآخرين لوقت ما أن يقدموا هذه الأشعة بدون معرفتها. وربما كانت هذه الأشعة داخلة ضمن سلوك شرحناه من قبل دون الإشارة إلى هذه الأشعة. وعلى الأقل فإن أنواعاً عديدة من الآلات المألوفة سوف تطرز في المستقبل بمعدن الرصاص. والعمل الذي اكتمل سابقاً حول الموضوعات العادية يجب أن يتكرر الآن لأن العلماء الأوائل فشلوا في التعرف على أشعة أكس. لقد فتحت أشعة أكس مجالاً جديداً وأضافت بذلك إضافات إلى سيطرة العلم السوي. لكنها أيضاً غيرت النماذج التي كانت موجودة بالفعل ـ وهذه نقطة هامة الآن. وفي هذه العملية أنكرت الصور النموذجية السابقة الخاصة أحقيتها في هذه التسمية (أشعة أكس).

باختصار يحمل قرار استخدام جزء خاص من الآلة واستخدامه بطريقة خاصة افتراضاً بأن أنواعاً معينة فقط من الظروف هي التي تنشأ عن

ذلك. وهي توقعات آلية بالإضافة إلى كونها توقعات نظرية وهي غالباً ما تقوم بدور حاسم في التطور العلمي. وفي مثل هذا التوقع يوجد جزء من قصة الاكتشاف المتأُخر للأكسجين، وعن طريق استخدام اختبار مقياس «الهواء اللطيف» خلط كل من بريستلي ولافوازييه كميتين من الغاز الذي قالا به مع كمية من الأكسجين النتري وقاما برج الخليط فوق الماء وقاما بقياس سعة الغاز المتبقي. إن هذه التجربة السابقة أكدت لهم بأن الهواء الجوي يكون هناك سعة واحدة وهذا بالنسبة لأي غاز آخر تكون هذه السعة أكبر. وفي تجارب الأكسجين توجد بقية قريبة من سعة واحدة، ويتم التعرف على الغاز تبعاً لذلك، وبعد ذلك أعلن بريستلي عن إجراء القياس وحاول خلط الأكسيد مع غازه بنسب أخرى. عندئذٍ وجد بأربعة أضعاف سعة الأكسيد النتري أنه ليس هناك تقريباً بقية. أن التزامه بإجراء الاختبار الأصلي كان في نفس الوقت التزاماً لعدم وجود الغازات التي تعمل مثلما عمل الأكسجين.

إن التفسيرات التي من هذا النوع يمكن أن تتضاعف مثلاً بالرجوع إلى التحقق المتأخر من انقسام اليورانيوم. والسبب الذي أثبت أن رد الفعل الذري يصعب التعرف عليه هو أن الرجال الذين عرفوا ما يجب توقعه من انفجار اليورانيوم اختاروا الاختبارات الكيميائية التي هدفت أساساً إلى عناصر من النهاية العليا من المنضدة الدائرية. وهل لنا أن ننتهي من هذا إلى أن العلم يجب أن يتخلى عن اختبارات القياس وأدوات القياس؟ وسوف ينتج هذا في أسلوب للبحث لا يقبل إدراكه. إن إجراءات وتطبيقات النموذج ضرورية للعلم بقدر ضرورة قوانين ونظريات النموذج، ولها نفس المؤثرات. وهي تقيد مجال اكتشاف الظواهر الذي يمكن التوصل إليه من البحث العلمي في أي وقت بالذات. وإذا عرفنا هذا جيداً فقد نرى في الوقت نفسه إحساساً جوهرياً يتغير فيه اكتشاف مثل تغير النموذج الذي تتطلبه أشعة أكس - وبالتالي تغير الإجراءات والتوقعات، ونتيجة لذلك يمكن أن نفهم أيضاً

كيف يبدو اكتشاف أشعة أكس فاتحة لعالم جديد غريب على علماء كثيرين ومؤثراً كبيراً في الأزمة التي أدت إلى طبيعيات القرن العشرين.

ومثالنا الأخير على الاكتشاف العلمي، وهو إناء ليدن ينتمي إلى مجموعة يمكن أن توصف بأنها نظرية مفروضة. وقد يبدو التعبير متناقضاً. وكثير مما قيل حتى الآن يقترح فيه أن الاكتشافات التي تتنبأ بها النظرية مسبقاً هي أجزاء من العلم السوي ونتيجة لنوع جديد من الوقائع، وعلى سبيل المثال أشرت سابقاً إلى اكتشافات العناصر الكيميائية الجديدة أثناء النصف الثاني من القرن التاسع عشر بصفتها ناتجة عن العلم السوي بهذه الطريقة. ولكن ليس كل النظريات تكون نظريات نموذج. وفي أثناء فترات النموذج والأزمات التي أدت إلى تغيرات واسعة النطاق في النموذج، عادةً ما كان العلماء يطورون نظريات عديدة تأملية وعملية يمكن أن تحدد بنفسها طريق الاكتشاف. ومع ذلك فإن هذا الاكتشاف ليس هو الذي يشتمل على الافتراض التأملي والتجريبي. وعندما تكون التجربة والنظرية التجريبية في صياغة واحدة، في هذه الحالة وحدها، يأتي الاكتشاف وتصبح النظرية نموذجاً.

واكتشاف إناء ليدن يعرض كل هذه الملامح بالإضافة إلى الملامح الأخرى التي لاحظناها من قبل، وعندما بدأ هذا الاكتشاف لم يكن هناك نموذج واحد للبحث الكهربائي. وبدلاً من ذلك فإن هناك عدد من النظريات، جميعها مستمد من الظواهر التي يقبل التوصل إليها نسبياً. ولكن لم تنجح أي من هذه النظريات في تنظيم كل هذا التنوع في الظواهر الكهربائية بصورة طيبة. وهذا الفشل هو مصدر العديد من الشواذ التي تعطي الخلفية لاكتشاف إناء ليدن. وقد تناولت إحدى المدارس المتنافسة من علماء الكهرباء تناولت الكهرباء سائلاً. أدى هذا التصور بعدد من الرجال

إلى محاولة تعبئة السائل في زجاجات وذلك بمسك كوب مليء بالماء في أيديهم ولمس الماء بتوصيله من مولد كهربائي موجب وعند نقل الإناء من الماكينة (الآلة) ولمس الماء (أو توصيله متصلة بها) بيد خالية، جرب كل من هؤلاء الباحثين صدمة عنيفة ومع ذلك لم تعط هذه التجارب الأولى علماء الكهرباء (الكهربائيين) إناء ليدن. ومن غير الممكن أن نقول متى بدأ اكتشافه تماماً. والمحاولات الأولى من أجل تخزين السائل الكهربائي عملت فقط لأن الباحثين أمسكوا بالوصلات في أيديهم بينما كانوا واقفين على الأرض،وكان لا يزال على الكهربائيين أن يعرفوا أن الإناء يتطلب توصيلة خارجية بالإضافة إلى التوصيلة الداخلية، وأن السائل لا يخزن في الواقع في الإناء على الإطلاق. وفي نطاق الأبحاث التي أظهرت لهم هذا والتي قدمتهم إلى مؤثرات شاذة عديدة أخرى، ظهر ما نطلق عليه إناء ليدن. وعلاوة على ذلك فإن التجارب التي أدت إلى ظهوره - والتي قام فرانكلين بأكثرها - كانت هي أيضاً التجارب التي فرضت ظهور نظرية السائل وهكذا قدمت بهذا أول نموذج كامل للكهرباء.

إن المميزات العامة لهذه الأمثلة الثلاثة التي عرضناها هي إلى حد كبير أو صغير مميزات كل الاكتشافات التي تنبثق عنها أنواع جديدة من الظواهر. وتتضمن هذه المميزات: المعرفة السابقة للشذوذ، والظهور التدريجي والمتزامن للمعرفة القائمة على الملاحظة والتصور، وتغيير النموذج الناتج عن هذا، أي تغيير أنواع النموذج والإجراءات الخاصة به التي غالباً ما تصاحبها مقاومة. وهناك دليل على أن هذه المميزات نفسها قامت في الطبيعة الخاصة بعملية المفهوم (التصور) نفسها. وفي التجربة النفسية يجدر أن يكون هذا معروفاً خارج نطاق المهنة، وقد طلب برونر Bruner وبوستمان Postman موضوعات تجريبية للتأكد منها وتحكموا في عرض مجموعة من أوراق اللعب. وكثير من الأوراق كان عادياً ولكن بعضها كان شاذاً، مثل

الستة الحمراء والقلوب الأربعة السوداء. وكل دورة تجريبية كانت تتكون من عرض كارت واحد (ورقة واحدة) لموضوع واحد في مجموعة عروض تتزايد تدريجياً، وبعد كل عرض يسأل المفحوص عما قد رآه. وقد كانت الدورة محددة بتتابعين صحيحين وحتى في أقصر العروض فقد تعرف أغلب المفحوصين على معظم الأوراق وبعد زيادة مقيدة تعرف كل الأشخاص على كل الأوراق. هذه التطابقات بالنسبة للأوراق العادية كانت صحيحة في العادة، لكن الأوراق الشاذة كانت تقريباً متطابقة، وذلك بدون ظهور أي تردد أو حيرة على الأشخاص.

الفَصلُ السَّابعُ

أزمة النظريّات العلميّة وظهورها

لقد كانت كل الاكتشافات التي تحدثنا عنها في الفصل السادس أسباباً أو إسهامات لتغير النماذج. وعلاوة على ذلك فإن التغييرات التي طرأت على هذه الاكتشافات كانت جميعها هدامة بالإضافة إلى كونها بناءة. وبعد استيعاب الاكتشاف كان في مقدور العلماء التفكير بدقة أكبر في بعض هذه الاكتشافات التي عرفناها سابقاً. غير أن هذا الكسب قد تحقق فقط بفعل استبعاد بعض المعتقدات السابقة أو الإجراءات القديمة، وبصفة أساسية فقد تحقق ذلك الكسب عن طريق استبدال مكونات أخرى بتلك المكونات الخاصة بالنموذج. وتحولات هذا النوع؛ كما بينت، مرتبطة بكل الاكتشافات التي أنجزت من خلال العلم السوي، باستثناء الاكتشافات غير المفاجئة والمتوقعة التي تدخل في كل شيء ما عدا تفاصيلها. إن الاكتشافات ليست هي وحدها مصادر تغيرات النموذج الهدامة البناءة. وفي هذا الفصل سنبدأ بالنظر في التحوّلات الناجمة عن ابتكار نظريات جديدة.

وعندما نرى في العلوم أن الواقع والنظرية، والكشف والاختراع دائماً، غير متميزين قولاً، نستطيع عندئذٍ أن نبدأ بالتداخل بين هذا الفصل والفصل السابق عليه. (فالاقتراح المستحيل بأن بريستلي أول من اكتشف الأكسجين ثم ابتكره بعد ذلك لافوازييه الذي أسبغ عليه جاذبيته الخاصة. فالأكسجين يعتبر بالفعل اكتشافاً، وسوف نراه مرة ثانية بعد قليل اختراعاً).

وعند تناول ظهور النظريات الجديدة فسوف يمتد فهمنا للاكتشاف أيضاً. وحتى الآن لا يزال التداخل غير متحقق. إن أنواع الاكتشافات التي عرضنا لها في الفصل السابق لم تكن على الأقل وحدها مسؤولة عن تحولات النموذج كما هو الحال في الثورة الكوبرنيقية، والنيوتينية، أو في الثورات الكيميائية والإينشتينية، كما أنها لم تكن مسؤولة عما هو أقل من هذا، لأن التغييرات في النماذج تنتج عن نظرية الضوء أو نظرية الديناميكا الحرارية أو نظرية ماكسويل في الكهرباء المغناطيسية Electromagnetic. ولكن كيف يمكن لهذه النظريات أن تنشأ عن علم سوي؟ أي عن قدرة موجهة توجيهاً أقل إلى اتباع هذه النظريات من توجيه هذه القدرة إلى الاكتشافات؟

إذا كان الوعي بالشذوذ يقوم بدور في ظهور أنواع جديدة من الظواهر، فلن تكون مفاجأة لأي إنسان أن يكون على وعي مماثل لشرط أساسي لكل التغيرات المقبولة للنظرية. ومن هذه النقطة يكون الدليل التاريخي - كما أعتقد - غير مشكوك فيه على الإطلاق. فالفلك عند بطلميوس كان فضيحة قبل إعلان الثورة الكوبرنيقية. وإسهامات جاليليو Galileo في دراسة الحركة اعتمدت تقريباً على الصعوبات التي اكتشفت في نظرية أرسطو على يد النقاد المدرسيين. ونظرية نيوتن الحديثة عن الضوء واللون جاءت من اكتشاف أنه لا يوجد نظرية موجودة من النظريات السابقة على النموذج Pre - Paradigm thories يمكن أن تفكر في طول الطيف (الضوئي)، ونظرية الموجات التي حلت محل نظرية نيوتن قد أعلنت في أوج تزايد الاهتمام بالشواذ بالنسبة إلى مؤثرات التشتت والاستقطاب الضوئي في نظرية نيوتن. وعلم الديناميكا الحرارية Thermo - dynamics تولد عن تعارض **(تضارب)** بين نظريتين في الفيزياء كانتا موجودتين في القرن التاسع عشر، ونظريات الكم في الميكانيكا نشأت من تباين الصعوبات التي تحيط بإشعاع الجسم المظلم وتنوع الحرارة وتأثير التصوير الكهربائي. وفوق ذلك، ففي كل هذه

الحالات ما عدا حالة نيوتن استمر إدراك الشذوذ طويلاً وتغلغل حتى أن الإنسان يمكنه أن يصف المجالات التي تأثرت به كما في حالة تفاقم الأزمة (الأزمة المتزايدة) . ذلك أنه يتطلب هدماً واسع النطاق لنماذج وتغييرات كبرى في القضايا والتكتيك الخاصة بالعلم السوي ، أي أن ظهور نظريات جديدة تسبقه عموماً فترة عدم أمان معلنة بصورة مسبقة . وكما يتوقع المرء فإن عدم الأمان يتولد عن الإخفاق المستمر في أن تظهر معضلات العلم السوي كما يجب . وبالإضافة من القواعد القائمة يمهد للبحث عن قواعد جديدة .

لننظر أولاً في حالة معروفة بصفة خاصة عن تغيير النماذج ، وهي ظهور الفلك عند كوبرنيكوس . فحيث كان الفلك السابق عليه وهو فلك بطلميوس فقد تطور خلال القرنين السابقين على الميلاد والقرنين الأولين بعد الميلاد ، فلقد كان ناجحاً بصورة مدهشة في التنبؤ بمواضيع التغيير في النجوم والكواكب . ولا يوجد هناك نظرية قديمة أخرى قد تكونت بصورة جيدة ، بالنسبة للنجوم ، فإن الفلك عند بطلميوس ما زال مستخدماً بصورة واسعة الآن كتقريب هندسي ، وبالنسبة للكواكب فقد كانت تنبؤات بطلميوس جيدة بدرجة جودة تنبؤات كوبرنيكوس. ولكنها لم تكن أبداً ناجحة بصورة مدهشة بوصفها نظرية علمية . وبالنسبة إلى كل من موضوع الكواكب والاعتدال الفصلي فإن التنبؤات التي حاربها بطلميوس لا تتطابق مع الملاحظات المتاحة . وعلاوة على ذلك فإن تخفيض هذه التفاوتات البسيطة قد كونت عديداً من المسائل الأساسية للبحث الفلكي العادي للكثيرين الذين اتبعوا بطلميوس تماماً مثل المحاولة المماثلة للإتيان بالملاحظة السماوية ونظرية نيوتن معاً على أنها تقدم بحثاً سوياً للمسائل بالنسبة لمن خالف نيوتن في القرن الثامن عشر. وكان لعلماء الفلك في وقت ما كل الأسباب التي تجعلهم يفترضون أن هذه المحاولات ستكون بدرجة نجاح تلك المحاولات التي أدت إلى نظرية بطلميوس . ولما كان عندهم تعارض خاص فقد كان علماء

الفلك قادرين على توضيحه بعمل تصحيح (تصويب) معين في نظرية بطلميوس الخاصة بالدوائر المركبة. ولكن مع مرور الوقت فإن من ينظر إلى النتيجة الكاملة للبحث السوي ومجهود الفلكيين الكثيرين يمكن أن يلاحظ أن التركيب الفلكي كان يتزايد بصورة أسرع من الدقة الفلكية وأن التعارض الذي يصحح في موضوع ما كان جاهزاً للظهور في موضوع آخر.

ولأن التقليد الفلكي كانت تعوقه أشياء خارجية بصفة متكررة ولأن في غياب الطباعة كانت الاتصالات بين علماء الفلك محدودة فإن هذه الصعوبات قد تم التعرف عليها تدريجياً وبصورة بطيئة. ولكن المعرفة جاءت بالفعل. ومع قدوم القرن الثالث عشر أعلن ألفونسو أكس Alfonso X. أن الله لو استشاره عند خلقه للعالم لكان أسدى إليه نصحاً طيباً. وفي القرن السادس عشر كان لكوبرنيكس زميل عمل هو دومينكو دانوفارا Domenico da Novara قرر أنه ليس هناك مذهب أكثر إرهاقاً وعدم دقة من مذهب بطلميوس وكتب كوبرنيكس نفسه في مقدمة مؤلفه «عن الثورات» De Revolutionilous أن التقليد الفلكي الذي ورثه قد خلق في النهاية مخلوقاً غريباً. وبمقدم أوائل القرن السادس تعرف عدد متزايد من أكبر علماء الفلك في أوروبا على أن إطلاق الأسماء الفلكية قد أخفق في أن يكون متطابقاً مع المشكلات الفلكية التقليدية وكانت هذه المعرفة شرطاً أساسياً لرفض كوبرنيكس للنماذج التي قال بها بطلميوس وكذلك للبحث في نماذج أخرى. ومقدمته المشهورة ما زالت تقدم أحد الأوصاف الكلاسيكية لحالة الأزمة.

إن توقف النشاط التكنيكي السوي لحل المعضلة ليس بطبيعة الحال المقوم الوحيد للأزمة الفلكية التي واجهها كوبرنيكس. إذ يجب أيضاً أن توجد معالجة واسعة لمناقشة الضغط الاجتماعي بالنسبة لإصلاح التقويم وهو الضغط الذي يجعل المعضلة ملحةً وهامةً بصفة خاصة. بالإضافة إلى ذلك فهناك فكرة أشمل تنظر في نقد العصور الوسطى لأرسطو، ظهور الأفلاطونية

الجديدة في عصر النهضة بالإضافة إلى عناصر تاريخية أخرى. غير أن توقف التكنيك قد يبقى لب الأزمة. وفي العلم الناضج كعلم الفلك في العصور القديمة ـ تكون العوامل الخارجية من هذا القبيل هامة بصفة أساسية في تحديد زمن التوقف، والبساطة التي يمكن بها التعرف عليه والمنطقة التي يحدث فيها التوقف أولاً. ورغم الأهمية الكبرى لذلك فإن منافذ هذا الموضوع بعيداً عن هذه المقالة وخارج حدودها.

وإذا كان ذلك أكثر وضوحاً في حالة ثورة كوبرنيكوس فلنعد في ذلك إلى مثال آخر مختلف تماماً. فالأزمة التي سبقت ظهور نظرية لافوازييه في اشتعال الأكسجين والعوامل العديدة الراجعة إلى ١٧٧٠ سنة والمتصلة من أجل أزمة في الكيمياء، لم يتفق المؤرخون على رأي حول طبيعتها أو أهميتها النسبية. ولكن عاملين منها هما المقبولان بصفة عامة على اعتبار أن لهما أهمية من النوع الأول: ظهور الكيمياء الهوائية ومسألة نسب الوزن. إن تاريخ المعامل الأول يبدأ في القرن السابع عشر بتطور ضخ الهواء واستخدامه في التجربة الكيميائية. وخلال القرن التالي عندما يستخدم الكيميائيون هذه المضخة وعدداً آخر من الأجهزة الهوائية، بتزايد إدراكهم بأن الهواء لا بد أنه مقوّم فعال في التفاعلات الكيميائية ولكن مع استثناءات بسيطة ـ استمر الكيميائيون في اعتقادهم بأن الهواء كان النوع الوحيد للغاز. وحتى سنة ١٧٥٦ عندما بين جوزيف بلاك Joseph Black أن الهواء الثابت (CO_2) مميز تماماً وبصفة مستمرة عن الهواء العادي، كان هناك نوعان من الغاز يعتقد أنهما مميزان فقط من حيث شوائبهما.

وبعد عمل بلاك تقدم البحث في الغازات تقدماً سريعاً ويتضح ذلك على يد كافيندش وبريستلي وسكيلي الذين طوروا جميعاً عدداً من التكنيك الجديد القادر على تمييز نوع ما من الغاز من نوع آخر. وكل هؤلاء الرجال من بلاك حتى سكيلي آمنوا بنظرية الفلوجستون Phlogiston وغالباً ما استخدموها

في خطتهم وتفسيرهم للتجارب . إن سكيلي هو بالفعل الذي أخرج الأكسجين أولاً عن طريق سلسلة مستفيضة من التجارب المصممة لاشتعال الحرارة . ثم النتيجة النهائية لتجاربهم كانت نماذج مختلفة من الغازَ وصفات الغاز الكثيرة جداً لدرجة أن نظرية الفلوجستون أظهرت مقدرة كبيرة على أن تتساوى بالتجربة المعملية . وعلى الرَغم من أن أحداً من هؤلاء الكيمائيين لم يقترح أن النظرية يجب أن تستبدل؛ إلا أنهم كانوا غير قادرين على تطبيقها بطريقة متسقة . وفي الوقت الذي بدأ فيه لافوازييه تجاربه حول الهواء (محتويات الهواء) في سنة ١٧٧٠ كانت هناك تقريباً تفسيرات عديدة لنظرية الفلوجستون بقدر ما كان هناك كيمائيون مختصون بدراسة الهواء . هذا العدد من تفسيرات النظرية من الأغراض المألوفة جداً للنقد . ويشكو كوبرنيكوس في مقدمة كتابه من هذه النظرية أيضاً .

إن تزايد الغموض وقلة الاستخدام لنظرية الفلوجستون في الكيمياء الهوائية لم يمثلا مع ذلك المصدر الوحيد للنقد الذي واجه لافوازييه . وقد كان مهتماً أيضاً بتفسير ازدياد الوزن الذي تكتسبه معظم الأجسام عندما تحرق أو تشوى ، وهذا الازدياد مشكلة لها ظلال عديدة . وعلى الأقل فقد عرف قليل من علماء الكيمياء المسلمين أن بعض المعادن تكتسب ثقلاً عندما تحرق . وفي القرن السابع عشر انتهى العديد من الباحثين إلى نفس هذه الحقيقة ، إلا أن المعدن المحروق (المشتعل) يشغل حيزاً من الفضاء . ولكن في القرن السابع عشر ظهر أن هذه النتيجة التي توصلوا إليها لم تكن ضرورية بالنسبة لمعظم الكيميائيين . وإذا استطاعت التفاعلات الكيميائية أن تغير الجسم واللون وتركيب (المواد) فإن اكتساب الثقل (الوزن) عند الاحتراق يظل ظاهرة منعزلة ، ومعظم الأجسام الطبيعية (مثل الخشب) تفقد وزنها عندما تحترق كما قالت نظرية الاشتعال فيما بعد بأنها يجب أن يحدث لها ذلك .

ومع ذلك فإنه في القرن الثامن عشر ازدادت صعوبة هذه المصادر البدائية المناسبة لمشكلة اكتساب (ازدياد) الوزن، لأن التوازن يستخدم بصفة متزايدة أداة كيمائية، هذا من ناحية، ومن ناحية أخرى لأن تطور الكيمياء الهوائية جعل من الممكن بل من المفضل حفظ التوازن الغازي للتفاعلات، فقد اكتشف علماء الكيمياء حالات كثيرة ومتعددة يصاحب الاحتراق فيها ازدياد (اكتساب) الوزن، وفي الوقت نفسه فإن الاستيعاب التدريجي لنظرية الجاذبية عند نيوتن أدى بعلماء الكيمياء إلى أن يصروا على أن الازدياد في الوزن لا بد أنه يعني ازدياداً في كمية (قدر) المادة. وهذه النتائج لم تنتج من رفض نظرية الفلوجستون، لأن هذه النظرية يمكن تصويرها في جوانب كثيرة منها. وربما كان للفلوجستون وزن سالب أو ربما دخلت المواد المحترقة أو أي شيء آخر الجسم المحترق حيث يتركه الفلوجستون. وهناك تفسيرات أخرى بالإضافة إلى تلك التفسيرات. ولكن إذا كانت مشكلة ازدياد الوزن لم تؤد إلى رفض (اعتراض)، فإنها تؤدي إلى عدد متزايد من الدراسات الخاصة يزداد فيها حجم هذه المشكلة. إحدى هذه الدراسات «في الفلوجستون الذي يعد جوهراً بالوزن والذي يحلل في حدود تغييرات الوزن فإنه يحدث في الأجسام التي يتحد معها»، قرئت في الأكاديمية الفرنسية في عام ١٧٧٢، السنة التي اختتمت بتسليم لافوازييه ملاحظته المشهورة إلى سكرتيرية الأكاديمية. وقبل أن تكتب هذه الملاحظة كانت معضلة محيرة لا حل لها. ولقد كانت هناك تفسيرات مختلفة كثيراً لنظرية الفلوجستون جاءت لمواجهتها. ومثل مشكلات الكيمياء الهوائية فإن مشكلات ازدياد الوزن جعلت من الصعوبة بمكان أن نعرف ما هي نظرية الفلوجستون. وعلى الرغم من الاعتقاد والثقة في النماذج كأداة عمل إلا أنها كانت في كيمياء القرن الثامن عشر تفتقد تدريجياً حالتها الفريدة.

ولننظر الآن إلى مثال ثالث ونهائي، وهو أزمة القرن التاسع عشر في

الطبيعيات التي مهدت الطريق لظهور نظرية النسبية، ويمكن اقتفاء جذور هذه الأزمة حتى القرن السابع عشر المتأخر، حيث انتقد عدد من الفلاسفة الطبيعيين اتجاه نيوتن لتفسير المفهوم الكلاسيكي للفضاء المطلق وعلى رأسهم ليبنتز Leibinz وتقريباً كانوا قادرين بدرجة كبيرة على أن يوضحوا أن المواضع المطلقة والحركات المطلقة كانت لا تؤدي أي وظيفة (دور) على الإطلاق في مذهب نيوتن، وقد نجحوا فعلاً في التركيز في الجانب الجمالي المناسب القائم على مفهوم نسبي تماماً حول المكان والحركة، على أنه سيأتي عرضه فيما بعد. ولكن انتقادهم كان منطقياً خالصاً. مثل كوبرنيكس وأتباعه الذين انتقدوا براهين أرسطو حول ثبات الأرض، ولم يحلموا بأن التحول إلى نظرية النسبية قد يكون له نتائج ملحوظة، ولم يربطوا في أي نقطة بين آرائهم وأي مشكلات قد نشأت عندما طبقوا نظرية نيوتن على الطبيعة. ونتيجة لذلك فإن آرائهم قد انتهت معهم أثناء العقود المبكرة من القرن الثامن عشر لتبعث مرة ثانية في العقود الأخيرة من القرن التاسع عشر عندما تميزوا بعلاقة مختلفة جداً من ممارستهم للطبيعيات.

أما المشكلات التكنيكية التي كانت الفلسفة النسبية للمكان مرتبطة بها ارتباطاً شديداً بدأت تدخل في العلم السوي بقبول النظرية الموجية للضوء بعد حوالي سنة ١٨١٥ على الرغم من أنها لم تكن تثير أي انتقاد حتى سنة ١٨٩٠. إذا كان الضوء حركة موجية منتشرة في الأثير الميكانيكي تحكمها قوانين نيوتن، عندئذٍ فإن كل من الملاحظة السماوية والتجربة التي على الأرض تصبحان بالقوة قادرتين على توضيح الانحراف خلال الأثير. ومن بين الملاحظات السماوية هذه الملاحظات الخاصة بالانحراف هي وحدها التي تعد بدقة كافية لإعطاء معلومة مناسبة، وإظهار انحراف الأثير يصبح بمقاييس الانحراف مشكلة معروفة للبحث العام. ولقد استعملت آلة خاصة لحل هذه المشكلة. وهذه الآلة مع ذلك لم توضح أي انحراف ملحوظ وانتقلت

المشكلة بذلك من التجريبيين والملاحظين إلى أصحاب النظريات (النظريين) وأثناء العقود الوسطى من هذا القرن خطط فرسنل Fresnel وستوكس Stokes وآخرون ممن اتصلوا بنظرية الفضاء من أجل تفسير الإخفاق في ملاحظة الانحراف. وكل هؤلاء افترضوا أن الجسم المتحرك يسحب معه بعض آثار الأثير، وكل منهم كان ناجحاً بدرجة تكفيه لشرح النتائج السلبية ليس فقط الناتجة عن الملاحظة السماوية، ولكن أيضاً النتائج السلبية للتجربة الأرضية، بما فيها التجربة المشهورة لصاحبيها ميكلسون Michelson ومورلي Morley . ولم يعد هناك صراع غير الذي دار بين المفسرين على اختلافهم. ولم يعد هذا الصراع حاداً أثناء غياب الفنون التجريبية المناسبة.

ولقد تغير الموقف مرة ثانية مع القبول التدريجي لنظرية ماكسويل في المغناطيسية الكهربائية في العقدين الأخيرين من القرن التاسع عشر. وكان ماكسويل نفسه على غرار مذهب نيوتن وقد اعتقد أن الضوء والمغناطيسية الكهربائية بصفة عامة راجعة إلى الاستبدالات المختلفة لأجزاء الأثير الميكانيكية. إن تفسيراته الأولى لنظرية الكهرباء والمغناطيسية استفادت بطريقة مباشرة من الخواص الاحتمالية (المفترضة) التي توصل بها إلى هذا الوسط. ولقد سقطت هذه التفسيرات من تفسيره النهائي، لكنه كان لا يزال يؤمن بنظرية الكهرومغناطيسية التي تتطابق مع تفسير معين لوجهة النظر الميكانيكية لنيوتن. والتطور من تفسير مناسب كان تحدياً له ولأتباعه. ومع ذلك فكما حدث ثانية وثالثة في التطور العلمي فإن التفسير المطلوب ثبت أنه من الصعب ألا يتأثر به تماماً مثل الرأي الفلكي لصاحبه كوبرنيكوس على الرغم من تفاؤل صاحب هذا الرأي، فإنه قد خلق أزمة متزايدة بالنسبة للنظريات الموجودة في الحركة. كذلك نظرية ماكسويل على الرغم من أنها ذات أصل نيوتوني (أي ترجع إلى نيوتن) فقد خلقت أزمة كبيرة في النماذج التي اشتقت

منها. وعلاوة على ذلك فإن الموضع الذي أصبحت فيه هذه الأزمة شديدة للغاية هو المسائل (المشكلات) التي نناقشها الآن وهي المسائل المتعلقة بالحركة بالنسبة إلى الأثير (الفضاء).

إن مناقشة ماكسويل للسلوك الكهرومغناطيسي للأجسام في الحركة لم يرجع مطلقاً إلى سحب الفضاء. وأثبتت أنه من الصعب جداً تقديم مثل هذا السحب في نظريته. ونتيجة لذلك، فإن مجموعة الملاحظات الأولى بأسرها التي صممت من أجل توضيح انحراف خلال الفضاء أصبحت شاذة. ولذلك فقد شهدت السنوات بعد عام ١٨٩٠ مجموعة كبيرة من المحاولات سواء التجريبية أو النظرية لتوضيح الحركة وعلاقتها بالفضاء ولتكشف عن السحب الفضائي في نظرية ماكسويل. فأما المحاولات التجريبية فقد كانت ناجحة من حيث تنافسها على الرغم من أن بعض المحللين اعتقدوا أن نتائجها مشكوك فيها. فأما المحاولات النظرية فقد قدمت عدداً من البدايات الواعدة خاصة تلك المتعلقة بلورنتز Lorentz وفيتزجيرالد Fitzgerald لكنها أيضاً كشفت عن بعض المعضلات الأخرى، وفي النهاية نتج عن ذلك تولد نظريات منافسة وجدنا سابقاً أنها ملازمة للأزمة. وخلافاً للوضع التاريخي نجد أن **نظرية النسبية لصاحبها أينشتين Einstein ظهرت سنة ١٩٠٥.**

هذه الأمثلة الثلاثة متطابقة تماماً تقريباً. ومن كل حالة نجد أن النظرية الجديدة تكون قد ظهرت فقط بعد إخفاق ظاهر في نشاط حل المشكلة العامة. وفوق ذلك فيما عدا حالة كوبرنيكوس التي قامت فيها العوامل الخارجية عن إطار العلم بدور خاص وكبير فإن انتهاء نظريات وتولد نظريات أخرى لم تحدث علاماته في أكثر من عقد أو عقدين قبل انطلاق نظرية جديدة. وتبدو النظرية الجديدة مصدراً مباشراً للأزمة. ولنلاحظ أيضاً أنه على الرغم من أن ذلك قد لا يكون متطابقاً تماماً، إلا أن المشكلات المتعلقة بحدوث انتهاء النظريات كانت جميعها من نوع قد عرف لزمن طويل.

والممارسة السابقة للعلم السوي قد أعطت سبباً قوياً لاعتبارها محلولة، أو محلولة بالفعل، تلك التي تساعد على شرح السبب بأن معنى الإخفاق، عندما يوجد، يكون شديداً جداً. إن الإخفاق مع نوع جديد من المشكلات يكون غالباً مخيباً للآمال لكنه لا يكون مفاجئاً. ولا تقع المشكلات ولا المعضلات في الغالب تحت طائلة النقد الأول. وتشترك هذه الأمثلة أخيراً في صفات أخرى قد تساعد على وضع حالة لدور الأزمة المؤثر: إن الحل لكل منها كان مشتركاً على الأقل من الناحية الجزئية خلال الفترة التي لم يكن فيها أزمة في تطابق العلم، ولكن من خيبة الأزمة كانت هذه الاشتراكات مجهولة.

والاشتراك الكامل الوحيد، وهو أيضاً أكثرها شهرة، هو الخاص بكوبرنيكوس وأرسطارخوس Aristarchus في القرن الثالث ق. م. ويقال عادةً أنه لو كان العلم اليوناني أقل استنباطاً (استنتاجاً) وأقل تبعية للعقائد لكان علم الفلك قد بدأ تطوره قبل ١٨ قرناً، لكن ذلك يتجاهل كل معنى تاريخي، وعندما جاء اقتراح أرسطارخوس فإن نظرية مركزية الأرض لم تكن بحاجة إلى أن تكمل نظرية مركزية الفضاء. إن تطور فلك بطلميوس كله، سواء بانتصاراته وبإخفاقاته يقع في القرون التي تلت اراء أرسطارخوس، وبجانب ذلك فلم تكن هناك أسباب واضحة لتناول أرسطارخوس بطريقة جديدة. وحتى اقتراح كوبرنيكوس لم يكن أبسط ولا أدق من نظرية بطلميوس. فالاختبارات المتاحة والقائمة على الملاحظة ـ كما سوف نرى بوضوح بعد ذلك ـ لم تقدم أي أساس للاختيار بينهما. وفي ظل هذه الظروف فإن أحد العوامل التي أدت بعلماء الفلك إلى كوبرنيكوس كان هو الأزمة المعروفة التي كانت مصدراً للابتكار في المقام الأول. ولقد فشل فلك بطلميوس في حل مشاكله، وجاء الوقت ليعطي الفرصة لأحد المنافسين في المثالين الآخرين لأن يقدما أي اشتراك متشابه. ولكن في أن نظريات الاحتراق بالامتصاص من الفضاء ـ تلك النظريات التي تطورت في القرن السابع عشر على يد ري Rey وهوك Hooke ومايو Mayow ـ قد فشلت

في الحصول على قبول كافي هو بالتأكيد أنها لم تكن على اتصال بنقطة الخلاف المعروفة في الممارسة العلمية الحديثة. والإهمال الطويل الذي تميز به علماء القرنين الثامن عشر والتاسع عشر الذين تميزوا بانتقاداتهم النسبية لنيوتن لا بد أنه كان راجعاً إلى إخفاق مماثل في المواجهة.

إن فلاسفة العلم أعادوا تقريرهم بأن أكثر من بناء نظري واحد يمكن دائماً أن يوضع أساس مجموعة من المعطيات، ويدل تاريخ العلم - وبالذات في المراحل الأولى من تطور النماذج - على أنه ليس من الصعوبة ابتكار مثل هذه البدائل، ولكن هذا الابتكار للبدائل هو ما ندر أن تعهد به العلماء ما عدا مرحلة التطور العلمي فيما قبل النماذج وفي مناسبات خاصة جداً خلال التطور العلمي المتتابع، والإتيان بالنموذج ليستمر في إثبات القدرة على حل المشكلات التي يحددها، ويتحرك العالم بسرعة فائقة ويتسلل بعمق خلال أمثل استخدام للآلات. والسبب في ذلك واضح، فكما هو الحال في الصناعة نجد في العلم مبالغة محدودة بمناسبة تتطلبها. إن مدلول الأزمات هو مدلول الإشارة التي تشترط هذه الأزمات في أن تكون هناك مناسبة لإعادة بناء آلة قد تم التوصل إليها.

الفصل الثامن

مصدر الأزمة

ولنفترض الآن أن الأزمات شرط ضروري لظهور نظريات جديدة، ثم نسأل بعد ذلك كيف يستجيب العلماء لوجودها. ويمكن اكتشاف جزء من الإجابة بملاحظة ما لم يفعله العلماء عندما يواجهون بأشياء قد تكاد تكون شاذة يتميز شذوذها بالقوة. ورغم أنهم قد يبدأون في فقدان إيمانهم ثم يلجأون إلى بدائل، إلا أنهم لا يعالجون نموذجاً يؤدي بهم إلى أزمة، أي أنهم لا يعالجون الأشياء الشاذة على إنها أمثلة مضادة، رغم أنه في مصطلحات فلسفة العلم تكون كما هي. إن هذا التعميم هو ببساطة قضية من حقيقة تاريخية قائمة على أمثلة مثل تلك التي سقناها سابقاً. وهي قائمة بشكل أكبر على أمثلة سوف نسوقها. وبحثنا التالي الخاص برفض النموذج سوف يتفتح تباعاً: فقد توصل إلى حالة النسوذج، والنظرية العلمية تكون غير جائزة في حالة واحدة فقط وهو أن يكون التقدم بالبديل متاحاً ليحل محلها. وليست هناك عملية تفتحت بفعل الدراسة التاريخية للتطور العلمي على الإطلاق تشبه مذهباً في التكذيب عن طريق مقارنة مباشرة بالطبيعة. هذه الملاحظة ـ لا تعني أن العلماء لا يرفضون النظريات العلمية أو أن التجربة والتجريبية ليستا أساسيتين بالنسبة للعملية التي يفعلون فيها ذلك. ولكنها تعني حقاً أنها فعل الحكم الذي يؤدي بالعلماء إلى رفض نظرية كانت قد قبلت من قبل يكون دائماً قائماً على أكثر من مقارنة هذه النظرية مع العالم، وهذا ما

سيكون نقطة أساسية. إن قرار رفض نموذج معين يكون دائماً وفي نفس الوقت هو قرار قبول نموذج جديد والحكم الذي يؤدي إلى هذا القرار يتضمن مقارنة النماذج بالطبيعة وبذاتها.

وبالإضافة إلى ذلك هناك سبباً آخر للشك في أن العلماء يرفضون النماذج لأنها تواجه بشواذ أو بأمثلة مضادة. ومناقشتي ستلقى ظلالها على موضوعات رئيسية أخرى تتعلق بهذه المقالة. وأما أسباب الشك التي عرضت سابقاً فقد كانت أسباباً واقعية بصورة خالصة، ذلك لأنها كانت هي ذاتها أمثلة مضادة لنظرية المعرفة الشائعة. وهكذا فإذا كانت هذه النقطة التي عرضتها حالياً صحيحة، فإنها تكون عوناً في خلق أزمة أو بتحديد أكثر تدعم أزمة موجودة بالفعل، وهي في ذاتها لا تكذب النظرية الفلسفية لأن المدافعين عنها سيفعلون ما رأينا العلماء يفعلونه عندما تواجههم أشياء شاذة. وسوف تتنوع التفسيرات ومن ثم تتنوع الصياغات الخاصة بنظريتهم لتوضيح أي صراع ظاهر. وكثير من الصياغات المناسبة والمواصفات تكون موجودة فعلاً في الأدب. لذلك فإذا كانت هذه الأمثلة المضادة للإبستمولوجيا المعروفة تتكون في أكثرها من مادة مثيرة، فسوف يحدث ذلك لأنهم يساعدون في السماح بظهور تحليل جديد ومختلف للعلم الذي لم يعودوا يمثلون فيه مصدراً للمشكلات. وعلاوة على ذلك فإذا كان هذا الموديل طبق الأصل الذي سنلاحظه بعد ذلك في الثورات العلمية يطبق هنا، فإن الشذوذ لم يعد إذن يظهر بوصفه وقائع بسيطة. ومن خلال نظرية علمية جديدة في المعرفة سيظهر هذا الشذوذ مثل تكرار لا يفيد جديداً، وقضايا في نوع مختلف.

وقد لوحظ على سبيل المثال أن قانون نيوتن الثاني في الحركة رغم أنه أخذ قروناً في البحث العقلي الصعب والبحث النظري، إلا أنه يبدو بالنسبة لأتباع نظرية نيوتن قضية منطقية خالصة لا يرفضها أي قدر من الملاحظة، وفي

الفصل العاشر سنرى أن القانون الكيميائي الخاص بالنسبة الثابتة ـ والذي كان قبل دالتون اكتشافاً تجريبياً ـ أصبح بعد بحث دالتون مقوماً لتعريف التركيب الكيميائي لدرجة أنه لا يوجد عمل تجريبي يمكن أن يمثل مشكلة. وشيء من هذا القبيل سيحدث أيضاً للتعميم الذي فشل العلماء فيه بصدد رفض النماذج عندما تواجه بالشواذ والأمثلة المضادة. ولم يستطيعوا القيام بذلك وظلوا علماء.

وعلى الرغم من أن التاريخ لا يود تسجيل أسماءهم، فبعض الناس بلا شك وجه نحو صحراء العلم بسبب عدم مقدرته على تحمل الأزمة مثل الفنانين، وينبغي على العلماء المبتكرين من وقت لآخر أن يكونوا قادرين على أن يعيشوا في عالم بعيد عن الاتصال بعالم آخر، حيث توصف هذه الضرورة بالاتجاه الأساسي في البحث العلمي. ولكن هذا الرفض للعلم من أجل عمل آخر هو في اعتقادي المصدر الوحيد لرفض النموذج حيث تستطيع الأمثلة المضادة أن تستمر بذاتها. وليس هناك مثل هذا الشيء يعد بحثاً في غياب النموذج. ورفض نموذج معين بدون الإتيان بنموذج جديد في نفس الوقت هو رفض العالم نفسه. وهذا الفعل لا ينعكس على النموذج ولكن على الإنسان إذ سيكون من المحتم أن زملاءه (رفاقه) سينظرون إليه «كما ينظر إلى نجار يلوم أدواته».

والنقطة نفسها يمكن أن توجد على الأقل بنفس الدرجة ولكن بصورة عكسية: إذ ليس هناك مثل هذا الشيء الذي يعد بحثاً بدون أمثلة مضادة. إذ ما هو الشيء الذي يجعل العلم السوي مختلفاً عن العلم في حالة ما يكون في أزمة؟ فالعلم السوي لا يواجه أمثلة مضادة. وعلى العكس من ذلك فما أسميناه سابقاً بالمعضلات التي تكون العلم السوي توجد فقط لأنه لا يوجد نموذج يقدم أساساً للبحث العلمي يمكن أن يحل جميع مشكلات العلم

تماماً. وقليل من المشكلات هي التي بدأت تفعل ذلك (مثل علم البصريات الهندسي) وأوقفت عن أن تندرج تحت مشكلات البحث على الإطلاق وأصبحت بدلاً من ذلك أدوات للهندسة. وفيما عدا تلك المشكلات التي تعد على سبيل الحصر - آلية، فإن كل مشكلة ينظر فيها العلم السوي بوصفها معضلة يمكن أن ينظر إليها من وجهة نظر أخرى بوصفها مثالاً مضاداً وبالتالي مصدراً للأزمة. لقد رأى كوبرنيكوس كأمثلة مضادة ما قد رآه معظم أتباع بطلميوس الآخرين كمعضلات في التنافس بين الملاحظة والنظرية. وقد رأى لافوازييه كمثال مضاد ما قد رآه بريستلي كمعضلة محلولة في تفسير نظرية الفلوجستون. ورأى أينشتين كأمثلة مضادة ما قد رآه لورينتز وفيتزجيرالد وغيرهم كمعضلات في تفسير نظريات نيوتن وماكسويل. وعلاوة على ذلك فحتى وجود أزمة لا يحول بذاته المثال المضاد إلى معضلة. فليس هناك مثل هذا التقسيم الحاد. فبدلاً من تعدد التفسيرات للنموذج فإن الأزمة تتحلل من قواعد حل المعضلة السوية في طرق تسمح بظهور نموذج جديد. وفي رأيي فإن هناك بديلان فقط: فإما أن النظرية العلمية لا تواجه أمثلة مضادة، أو أن كل مثل هذه النظريات تواجه أمثلة مضادة في كل الأحيان.

كيف يمكن أن يبدو الموقف على نحو آخر؟ هذا السؤال يؤدي بالضرورة إلى توضيح أو تفسير تاريخي ونقدي للفلسفة، ومن هذه الموضوعات يمكن فقط أن نلاحظ على الأقل سببين يبدو من أجلها العلم في صورة من يقدم تفسيراً مناسباً عاماً على أن الحقيقة والكذب (الصدق والخطأ) تحددهما بطريقة مشكوك فيها مواجهة القضية بالواقع. ويجب على العلم السوي وهو ما يفعله حقاً أن يناضل باستمرار من أجل الإتيان بالنظرية والواقعة في تقارب أكثر اتفاقاً. ويمكن أن يرى الفعل ببساطة بوصفه اختباراً أو بحثاً للتأييد أو التكذيب. وبدلاً من ذلك فإن الموضوع هو حل المعضلة التي ينبغي أن تكون صحة نموذجها موضوع تفكير. إن الفشل في تحقيق حل

يفقد الثقة في العلماء وحدهم وليس في النظرية. وهنا أيضاً ينطبق المثل الذي يقول «إنه نجار مسكين ذلك الذي يلوم أدواته»، وبالإضافة إلى ذلك فإن الأسلوب الخاص بعلم التربية والتهذيب الذي يقحم على مناقشة النظرية علامات تطبيقاتها قد ساعد على تدعيم تأكيد النظرية التي تنشأ عن مصادر أخرى أساساً. وأبسط أسباب ذلك، أن الإنسان الذي يقرأ نصاً علمياً يستطيع بسهولة أن يتناول التطبيقات على أنها الدليل على النظرية وهذه التطبيقات هي الأسباب في وجوب تصديق هذا النص. لكن طلبة العلوم يقبلون النظريات على أساس تصديق المعلم والنص وليس على أساس الدليل. فما البدائل عندهم أو ما السلطة التي عندهم؟ إن التطبيقات المعطاة في النصوص ليست موجودة بوصفها دليلاً ولكن لأن تعلمها جزء من تعلم النموذج على أساس الممارسة الجارية. وإذا كانت التطبيقات تساق دليلاً، عندئذٍ فإن الإخفاق الذريع للنصوص في أن تقترح تفسيرات بديلة أو في أن تناقش المشكلات التي يفشل فيها العلماء في تقديم حلول نماذج جديدة، هذا الإخفاق سيدين مؤلفي هذه النصوص بانحرافهم الشديد. وليس ثمة أبسط الأسباب لمثل هذه الإدانة.

كيف إذن نعود إلى السؤال البدائي، هل العلماء يجيبون على طلب معرفة وجه الشذوذ بين النظرية والطبيعة؟ إن ما قيل يشير إلى أن التضارب الذي يفوق ذلك التضارب الموجود في تطبيقات أخرى للنظرية لا يحتاج إلى إيجاد أي إجابة أساسية. وهناك دائماً بعض التناقضات حتى أقوى هذه التناقضات شكيمة تجيب في النهاية على الممارسة العامة. وفي أغلب الأحيان يود العلماء أن ينتظروا ـ خاصة إذا كانت هناك مشكلات كثيرة موجودة في أجزاء أخرى من مجال العلم. ولقد لاحظنا فعلاً ـ على سبيل المثال ـ في خلال الستين عاماً التي تلت حسابات نيوتن الأصلية أن الحركة الخاصة بأقرب نقطة في مدار القمر للأرض ظلت فقط تمثل نصف ما كان

تحت ملاحظته. ولما استمر أفضل علماء الطبيعة الرياضيين في أوروبا في مصارعتهم غير الناجحة مع التضارب المعروف جداً، فقد كانت هناك اقتراحات وقتية لصياغة تفسير قانون التربيع عند نيوتن. ولكن لم يتناول أحد هذه الاقتراحات بطريقة جدية، وبصورة علمية فإن هذا الصبر على أوجه الشذوذ الكبرى أثبت صحة ذلك، لقد كان في مقدور كلايروت Clairaut سنة ١٧٥٠ أن يوضح أن الرياضيات وحدها في التطبيق هي التي كانت خاطئة وأن نظرية نيوتن يمكن أن تبقى كما كانت من قبل. حتى في الحالات التي لا يبدو فيها ذلك، فإن مجرد الخطأ ممكن جداً (ربما لأن الرياضيات تكون أبسط أو أكثر الفة وأحياناً تكون نوعاً من أنواع النجاح) فإن الشذوذ المعروف والدائم لا تنشأ دائماً عنه أزمة. ولم يستفسر أحد بطريقة جدية عن نظرية نيوتن بسبب التناقضات المعروفة طويلاً بين تنبؤات هذه النظرية وكل من سرعة الصوت والحركة في عطارد. وكان أول تناقض قد تبدد بصورة غير متوقعة تماماً بفعل التجارب على الحرارة التي أجريت من أجل غرض مختلف تماماً. والتناقض الثاني تبدد بفعل نظرية النسبية العامة بعد الأزمة التي لم يكن لها دور في ابتكار النظرية، ومن الواضح أيضاً أنه في غير الأساس أن يثير الضيق وجود أزمة، فإن هذه التناقضات يمكن أن تعرف بأنها أمثلة مضادة ما تزال مطروحة جانباً لعمل يأتي بعد ذلك

ويتبع ذلك أنه إذا كان الشذوذ يثير أزمة، فإنه يكون عادةً أكثر من مجرد شذوذ. وهناك دائماً صعوبات في مواضع معينة في صلاحية طبيعة النموذج، ومعظمها تكون موضوعة بصورة صحيحة عاجلاً أم آجلاً، غالباً عن طريق عمليات لا يمكن الإخبار عنها. إن العالم الذي يتوقف ليفرض كل شذوذ (خروج عن القياس) يلاحظه، نادراً ما يحصل على عمل له قيمة (مدلول). لذلك علينا أن نسأل ما هو ذلك الشيء الذي يجعل الشذوذ يبدو جديراً بالبحث الدقيق. وليست هناك أي إجابة عامة

شافية على هذا السؤال. إن الحالات التي فحصناها بالفعل حالات متميزة ولكنها نادراً ما تكون توجيهية، وأحياناً يستدعي الشذوذ بشكل واضح تساؤلاً تفسيرياً وتعميمات أساسية لإطلاق النموذج، كما فعلت نظرية سحب الفضاء (الأثير) بالنسبة لهؤلاء الذين قبلوا نظرية ماكسويل. أو كما في الدوران عند كوبرنيكوس، فإن الشذوذ بغير أساس واضح قد يثير أزمة إذا كانت للتطبيقات التي تعوقه أهمية عملية خاصة. في هذه الحالة يثيرها بالنسبة لتخطيط التقويم والتنجيم، أو كما كان في كيمياء القرن الثامن عشر، فإن تطور العلم السوي قد ينقل شذوذاً ما (خروجاً عن القياس) قد كان سابقاً، مجرد إزعاج من مصدر الأزمة: مشكلة علاقات الوزن كانت لها حالة مختلفة جداً مع تطور التكنيك في الكيمياء الهوائية، وربما كانت لا تزال هناك ظروف أخرى يمكن أن تجعل الشذوذ فعالاً بدرجة خاصة وكثير من هذه الظروف سوف تتحد معاً. وقد لاحظنا على سبيل المثال أن مصدراً واحداً للأزمة التي واجهت كوبرنيكوس كان هو مجرد طول الوقت الذي تصارع خلاله علماء الفلك بطريقة غير ناجحة من أجل الإقلال من التناقضات (التفاوت) المتبقي في مذهب بطلميوس.

ولهذه الأسباب وأسباب أخرى مشابهة، عندما يبدو الشذوذ أكثر من مجرد معضلة أخرى من العلم السوي فإن الانتقال إلى الأزمة وإلى العلم الشاذ يكون قد بدأ فعلاً. فالشذوذ نفسه يأتي الآن ليصبح معروفاً بصورة عامة تماماً كما يكون معروفاً بالحرفة. ولقد تركز حوله الانتباه كثيراً على يد رجال بارزين في هذا المجال. وإذا استمر يقاوم، على غير عادته، فكثير من هؤلاء سينظرون في حله بوصفه موضوعاً لمذهبهم أو نظامهم. والمجال بالنسبة لهم لم يعد يبدو تماماً مثلما كان سابقاً، فجزء من شكله المختلف ينتج ببساطة في نقطة ثبات جديدة خاصة بالبحث العلمي الدقيق. وحتى المصدر الأكثر أهمية في التغيير هو طبيعة اختلاف الحلول الجزئية

الكثيرة التي تركز الاهتمام على مشكلة تكـون موجودة (متاحـة). والهجـوم (النقد) الأول على المشكلة العنيـدة، سوف يتبـع قواعـد النمـاذج بصورة مباشرة جـداً. ولكن مع استمرار المقاومة فكثير وكثير من النقد علـى هذه المشكلـة سيتضمـن تفسيـراً واتصالاً بالنمـوذج، لا يوجـد اثنـان من هذه التفسيرات متشابهان، وكل تفسير يكون ناجحاً من ناحية جزئية، ولكن أياً من هذه التفسيرات لن يكفي لقبوله نموذجاً لدى المجموعة. ومن خلال تناقض التفسيـرات المختلفـة فإن قواعـد العلـم العـام السوي سيتزايـد اختلاطهـا وتشويهها. ورغم أن ما يزال ثمة نموذج فإن قليلاً من الممارسين يبرهنون على اتفاقهم التام حول ما هو موجود حتى الحلول السابقة لمشكلات محلولة تستدعي المناقشة.

وعندما يكون الموقف حاداً فإنه يكـون معروفـاً لدى العلمـاء الـذين يختصـون به، فقـد كان كوبـرنيكوس يشـكو من أن في أيامـه كان علماء الفلك «غير متفقين تمامـاً مع هذه الأبحـاث الفلـكية... حتـى إنهـم لم يستطيعوا أن يفسروا أو يلاحظوا الطول الدائم للعام الموسمـي (الذي له فصول)»، واستمر يقول «فمثلهم مثل مصور جمع الأيدي والأرجل والـرأس وأعضاء أخرى في صورة من نماذج مختلفة، كل جزء منها يرسم بطريقة ممتازة، لكنه غير مرتبط بجزء واحد، ولمـا كانـت هذه الأعضاء لا تتنـاسق بأي حال مع بعضها، فإن النتيجة ستكون وحشاً وليس إنساناً». وقد كتب أينشتين وهو مقيد باستخدام اللغة الجارية «إن ذلك يشبه أرضاً قد خرجت عن أرض أخـرى أسفلها بدون أساس ثابت يمكن رؤيته في أي مكان ويستطيـع الإنسان أن يبني فوقه». أما وولف جانـج باولي Wolf gang Pauli ، في الشهـور التـي سبقت مقالة هيسبـرج Heisenberg في مجال الميكانيكا، التي أشار فيها إلى الطريق نحو نظرية كمية جديدة كتب (باولي) إلى صديق له يقول: «في ذلك الوقت اضطربت الطبيعيات مرة ثانية بصورة رهيبة. وعلى أية حال فإنها في

غاية الصعوبة بالنسبة لي، وأنني أود لو كنت ممثلاً كوميدياً في السينما أو شيئاً من هذا القبيل على أن أسمع **هذا عن الطبيعيات**». إن هذا الدليل قوي خاصة إذا قابلناه بكلمات باولي التي جاءت بعد ذلك بأقل من خمسة شهور: ـ «إن أسلوب هيسنبرج في الميكانيكا قد أعطاني مرة ثانية الأمل والفرحة بالحياة، حقيقة أنه لا يقدم حلاً للغز ولكنني أعتقد أنه من الممكن أن يستمر مرة ثانية».

مثل هذه المعارف الواضحة تكون نادرة جداً، غير أن آثار الأزمة لا تعتمد تماماً على معرفتها وإدراكها. فما الذي يمكن أن نقوله عن هذه الآثار؟ اثنان منها فقط يبدوان في صورة عامة. ذلك أن الأزمات تبدأ بخلط النموذج ثم التحلل المتتابع لقواعد البحث السوي. في هذه الناحية يشبه البحث من خلال الأزمة البحث خلال الفترة السابقة على إطلاق النموذج، فيما عدا أنه في البحث الأول يكون موضع الاختلاف صغيراً، لكنه محدد بطريقة أكبر. وكل الأزمات محصورة في أحد الطرق الثلاث. فأحياناً يثبت العلم السوي مقدرة على تناول الأزمة التي تثير مشكلة على الرغم من يأس هؤلاء الذين قد رأوا أنها تشبه نهاية نموذج موجود. وفي أحيان أخرى تقاوم المشكلة وبشكل سافر نتائج وأبحاث جديدة في أساسها. عندئذٍ فقد يتوصل العلماء إلى أن ليس هناك حل في الحالة الراهنة في مجالهم. وتستبعد المشكلة وتترك لجيل قادم يتميز بأدوات أكثر تطوراً. أو في النهاية ـ كما هي الحالة التي تعنينا هنا ـ قد تنتهي الأزمة بظهور طلب جديد لنموذج ما وبظهور معركة حول قبول هذا النموذج. هذه الصورة الأخيرة للنقاش سننظر فيها في النهاية في الفصول القادمة، ولكن علينا أن نبحث قليلاً فيما سوف يقال في هذه الفصول حتى نستكمل هذه العلامات على طريق التطور، وفحص حالة الأزمة.

إن انتقالاً من نموذج في أزمة ما إلى نموذج جديد يمكن للتقليد الجديد

للعلم السوي أن يظهر منها لهو بعيد عن العملية المتراكمة، تلك التي يتم تحقيقها عن طريق الاتصال والامتداد إلى النموذج القديم، وأكثر من ذلك فإن هذا يمثل إعادة بناء للمجال على أسس جديدة، إعادة بناء تغير بعض التعميمات النظرية الأساسية في المجال بالإضافة إلى كثير من تطبيقاته ومذاهب إطلاق النماذج عليه. وفي خلال الفترة الانتقالية ستكون هناك فجوة كبيرة بين المشكلات التي يمكن حلها عن طريق النماذج القديمة والجديدة. ولكن سيكون هناك أيضاً اختلاف فاصل في أساليب الحل. وعندما يكون الانتقال كاملاً، فإن الحرفة ستغير نظرتها في هذا المجال وتغير أساليبها وأهدافها. عندما نظر مؤرخ ذكي إلى الحالة القديمة الخاصة باستشراق العلم عن طريق تغير النماذج وصف ذلك مؤخراً بأنه «الإمساك بالعصا من طرفها الآخر» وهذه العملية تتضمن «تناول نفس مجموعة المعطيات كما سبق، مع وضعها في نظام جديد من العلاقات كل مع الأخرى بإعطائها إطار عمل مختلف». والآخرون الذين لاحظوا هذا الجانب من التقدم العلمي قد أكدوا تشابهه مع التغير. فالعلامات على ورقة شوهدت أولاً طائراً ثم هي الآن تشاهد فتُظَنُّ غزالاً وعكس ذلك أيضاً. إن العلماء لا يرون شيئاً مثل شيء آخر، وبدلاً من ذلك فإنهم يرونه ببساطة. وقد بحثنا بالفعل بعض المشكلات التي نبعت من القول بأن بريستلي قد رأى الأكسجين هواءً محترقاً. وبالإضافة إلى ذلك فإن العالم لا يحتفظ بحرية الموضوع ليرجع إلى ما بين طريقتي الرؤية. وعلى الرغم من ذلك فإن هذا عنصر ضروري ذو جدوى بالنسبة لما يحدث من تغيرات كبيرة في النماذج.

إن الاشتراك السابق قد يساعدنا على التعرف على الأزمة بوصفها تمهيداً مناسباً لظهور نظريات جديدة منذ أن فحصنا تفسيراً ضيق النطاق لنفس العملية في مناقشة ظهور الاكتشافات. تماماً لأن ظهور نظرية جديدة يتحطم مع تقليد واحد من الممارسة العلمية ويقدم تقليداً جديداً يسير على قواعد

مختلفة وفي عالم مختلف من هذا المجال. ويحدث هذا فقط عندما يظهر أن التقليد الأول يسير في طريق مضلل. وهذه الإشارة مع ذلك ليست أكثر من تمهيد للبحث في حالة الأزمة، وللأسف فإن الاستفسارات التي تؤدي إليها تتطلب كفاءة عالم النفس أكثر من كفاءة المؤرخ. ثم ماذا يشبه البحث فوق العادي (الشاذ)؟ ثم كيف يكون الشذوذ على طريقة شبه قانونية؟ وكيف يتقدم العلماء عندما يكونوا عارفين فقط بأن شيئاً ما يسلك مسلكاً خطأ على مستوى يكون تدريبهم فيه لا يؤهلهم إلى تناوله؟ هذه الاستفسارات تحتاج إلى بحث أكبر، ولا ينبغي أن يكون كل هذا البحث تاريخياً وما يتبع ذلك سيكون بالضرورة أكثر من محاولة وأقل كمالاً مما حدث من قبل.

وغالباً ما يظهر النموذج الجديد ـ على الأقل في صورة صغيرة جداً ـ قبل أن تتطور الأزمة كثيراً أو تظهر بوضوح. وهناك عمل للعالم لافوازييه يقدم هذه الحالة. فملاحظته وضعت في الأكاديمية الفرنسية أقل من سنة بعد الدراسة الأولى لنسب الوزن في نظرية الاحتراق، وقبل أن تُظهر نشرات بريستلي الامتداد الكامل للأزمة في الكيمياء الهوائية. وأفكار توماس الأولى عن نظرية تموج الضوء قد ظهرت في مرحلة مبكرة جداً من تطور الأزمة في البصريات تلك الأزمة التي كان يمكن أن تبقى غير قابلة للملاحظة فيما عدا أنها تطورت إلى فضيحة علمية عالمية في أول العقد الذي كتب فيه. وفي حالات مثل هذه يمكننا فقط أن نقول أن القضاء البسيط على النموذج وقواعده المشوهة الأولى بالنسبة للعلم السوي كان كافياً لأن يستنبط منه شخص ما طريقة جديدة للنظر في هذا المجال. إن ما يدخل بين الإحساس الأول بالمشكلة والتعرف على بديل متاح لا بد أنه كان غير مدرك بصورة كبيرة.

ومع ذلك ففي حالات أخرى مثل حالة كوبرنيكوس وأينشتين والنظرية الذرية المعاصرة على سبيل المثال فإن وقتاً كبيراً ينقضي بين الإدراك الأول

لانتهاء نموذج وظهور نموذج جديد، وعندما يحدث ذلك فإن المؤرخ قد يلمس على الأقل أفكاراً قليلة لما يشبه العلم الشاذ. وعندما يواجه مجهود العالم الأول بشذوذ جوهري في النظرية فإنه سيكون في الغالب أكثر انعزالاً وسيعطي هذا المجهود تركيباً ما، وعلى الرغم من أنه يكون عارفاً بأنها لا يمكن أن تكون صحيحة تماماً، فإنه سيدفع قواعد العلم السوي بأقوى مما ترى ـ في نطاق الصعوبة ـ تماماً أين وكيف تكون قد جهزت للعمل. وفي نفس الوقت سوف يبحث عن طرق يبرز بها هذا الانتهاء يجعله أكثر وضوحاً وربما أكثر إقناعاً مما كان عليه عندما عرض في التجارب التي يعتقد أن نتيجتها تكون في تقدم. وفي المجهود الأخير ـ أكثر من أي جزء آخر من تطور النموذج في العلم ـ سوف يبدو تقريباً متشابهاً مع الصورة الشائعة المعروفة عن العالم. أولاً سيبدو في الغالب كمن يبحث بطريقة عشوائية ويحاول بالتجارب فقط أن يرى ما سوف يحدث، باحثاً عن أثر لا يستطيع هو أن يخمن طبيعته. وفي الوقت نفسه لما لم يكن في الإمكان وجود تجربة تدرك بدون مصدر ما للنظرية، فإن العالم في هذه الأزمة سيحاول باستمرار أن يستنتج نظريات تأملية إذا نجحت قد تفتح الطريق أمام نموذج جديد، وإذا لم تنجح يمكن التخلي عنها بارتياح نسبي.

إن فكرة كبلر Kepler في كفاحه الطويل مع الحركة عند المريخ ووصف بريستلي لإجابته على تعدد الغازات الجديدة تقدم أمثلة قديمة من نوع البحث العشوائي الذي ينشأ عن إدراك الشذوذ. لكن ربما كان أشهر هذه الأبحاث هي التي تأتي من البحث المعاصر في مجال النظرية وفي أجزاء أساسية. وفي غياب الأزمة التي جعلت من الضروري رؤية إلى أي مدى يمكن أن تمتد قواعد العلم السوي. فهل يكون الجهد الكبير المطلوب لتوضيح النيوترينو Neutrino قد بدا تبريره كافياً؟ أو إذا لم تتكسر القواعد بشكل واضح في نقطة ما مفتوحة فهل يكون الاحتمال الجوهري لتكافؤ عدم

التقليد إما مقترحاً أو قائماً على الاختبار؟ إن هذه التجارب شأنها شأن أبحاث أخرى كثيرة في الطبيعة في خلال العقد الماضي - كانت في جزء منها محاولات عملية وتحديد مصدر لمجموعة طويلة من ألوان الشذوذ.

إن هذا النوع من البحث الشاذ، على الرغم من أنه ليس عاماً بأي حال من الأحوال، إلا أنه غالباً ما يكون مصحوباً ببحث آخر. وكما أعتقد ففي فترات الأزمة المتعارف عليها لجأ العلماء إلى التحليل الفلسفي بوصفه نوعاً من حل الألغاز في مجال عملهم. فعادةً ما يحتضن العلم السوي فلسفة مبتكرة بين ذراعيه، وربما كان ذلك لأسباب وجيهة إلى حد أن القيام بالبحث العادي يمكن سلوكه باستخدام النموذج بوصفه قواعد وافتراضات لا تحتاج إلى توضيح. وفي الفصل الخامس (Section V) لاحظنا أن مجموعة القواعد الكاملة التي يبحثها التحليل الفلسفي لا تحتاج حتى لأن توجد. ولكن ليس معنى ذلك أن البحث عن الافتراضات (حتى عن الافتراضات غير الموجودة) لا يمكن أن يكون أسلوباً فعالاً في إضعاف قبضة التقليد على العقل واقتراح أسس من أجل تقليد جديد. وليس من قبيل الصدفة ظهور الطبيعيات عند نيوتن في القرن السابع عشر وظهور نظرية النسبية والميكانيكا الكمية في القرن العشرين، فيكون قد سبق أو واكب، التحليلات الفلسفية الأساسية لتقليد البحث المعاصر. وليس أيضاً من قبيل الصدفة أنه في هاتين الفترتين يكون ما يسمى بالتفكير التجريبي قد قام بدور نقدي كبير في تقدم البحث. وكما بينت من قبل فإن التفكير التحليلي التجريبي الذي ينتشر في كتابات جاليليو وأينشتين وبوهر وغيرهم، هذا التفكير محسوب بدقة ليعرضه النموذج على المعرفة الموجودة في أساليب تستبعد جذور الأزمة بوضوح لا يمكن إدراكه في المعمل.

وبانتشار هذه الإجراءات مفرقة أو مجتمعة قد يحدث شيء آخر، فعن طريق تركيز الاهتمام العلمي على نطاق ضيق من المشكلات، وعن طريق

إعداد العقلية العلمية للتعرف على ألوان الشذوذ التجريبية فإن الأزمة غالباً ما تعمل على تعدد اكتشافات جديدة.

وقد لاحظنا من قبل كيف أن إدراك الأزمة ـ يميز عمل لافوزييه في الأكسجين عن عمل بريستلي فيه، ولم يكن الأكسجين هو الغاز الجديد الوحيد الذي استطاع العلماء العارفون بالشذوذ أن يكتشفوه في عمل بريستلي، وكذلك الاكتشافات البصرية الجديدة التي تراكمت بسرعة قبل ظهور نظرية الأمواج الضوئية وأثناءها. فبعضها مثل استقطاب انعكاس الضوء، كان نتيجة للصدف التي تشاء أن يتركز العمل في نطاق المشكلات، (وكان مالوس الذي قام بالاكتشاف يبدأ عمله بمقالة من أجل الحصول على جائزة الأكاديمية حول انكسار الأشعة المزدوجة، وهو موضوع معروف جداً على أنه في حالة غير مرضية). وبعضها الآخر مثل بقعة الضوء في مركز ظل دائري، كانت تنبؤات من الافتراضات الجديدة التي ساعدت على تحولها إلى نموذج لعمل يأتي بعد ذلك. وما زالت هناك بعضها الآخر ـ مثل الألوان واللمسات في الصور الكثيفة ـ إذ كانت تمثل مؤثرات تلاحظ في غالب الأحيان وقد لوحظت من قبل أحياناً، ولكن ذلك شأنه شأن الأكسجين عند بريستلي ـ فقد كان متطابقاً مع مؤثرات معروفة في صور منعت ملاحظتها على ما كانت عليه، ويمكن إعطاء فكرة متشابهة عن الاكتشافات المتعددة التي بدأت تظهر حوالي ١٨٩٥ . مصاحبة بكشل مستمر لظهور الميكانيكا الكمية.

ولا بد أن البحث الشاذ ما زالت له علامات ومؤثرات، ولكن في هذا النطاق نادراً ما نبدأ اكتشاف المسائل التي تحتاج للنقاش، وربما مع ذلك لا يكون هناك الكثير مما نحتاج إليه في هذه النقطة. وقد تكفي الملاحظات السابقة لتوضيح كيف أن الأزمة تحل في الوقت نفسه أفكاراً مبتذلة وتقدم معطيات إضافية ضرورية لتغيير النموذج الأساسي. وأحياناً تكون ظلال صورة النموذج الجديد ظاهرة مسبقة في التركيب الذي يعطيه البحث الشاذ

للشذوذ. ولقد كتب أينشتين أنه قبل أن يكون لديه البديل للميكانيكا القديمة استطاع أن يرى العلاقة بين ألوان الشذوذ المعروفة في إشعاع الجسم المعتم - أي تأثير التصوير الكهربائي - والحرارة المختلفة. وأكثر من ذلك فلا يلاحظ مثل هذا التركيب على أنه في تقدم. وبدلاً من ذلك يظهر النموذج الجديد، أو الفكرة الكافية التي تسمح بتفسير بعد ذلك، وأحياناً في منتصف الليل، في عقلية إنسان دخل بكل قواه في الأزمة. ما هي طبيعة هذه المرحلة الأخيرة؟ وكيف أن الاختراعات الفردية لطريقة جديدة لفرض النظام على المعطيات المجتمعة جميعها الآن، كيف ينبغي أن تبقى هنا غامضة وقد تستمر كذلك. لتلقي النظر على شيء واحد حول ذلك إن الرجال الذين ينجزون هذه الاختراعات الأساسية بنموذج جديد دائماً ما يكونوا إما صغاراً جداً أو مبتدئين في المجال الذي يغيرون فيه النموذج، وقد لا تحتاج هذه النقطة إلى توضيح، لأنه من الواضح أن هؤلاء هم الرجال الذين يلتزمون قليلاً بممارسة أولية للقواعد التقليدية في العلم السوي، والذين يتشابهون بصفة خاصة في رؤية أن هذه القواعد لم تعد تحدد لعبة ما وفي إدراك مجموعة أخرى يمكن أن تحل محل هذه القواعد.

إن الانتقال الناتج إلى نموذج جديد هو ثورة علمية، وهو موضوع أعددنا أنفسنا للاقتراب منه مباشرة. ومع ذلك نلاحظ أولاً جانباً سابقاً مراوغاً مهدت فيه الطريق مادة الفصول الثلاثة السابقة. وحتى الفصل السادس حيث عرضنا مفهوم الشذوذ فمصطلح «الثورة» و «العلم الشاذ» قد تبدو متكافئة. والأهم في ذلك أن أياً من اللفظتين لا تبدو أنها تحمل معنى أكثر من «العلم غير السوي» "Non normal Science" وهي دورة تحير بعض القراء على الأقل، وهي لا تحتاج إلى ذلك فعلاً. ونحن على وشك اكتشاف أن (دورة) متشابهة تكون متميزة بنظريات علمية. وهذا الفصل والفصلان السابقان قدموا مقاييس لا تعتمد مطلقاً على ما إذا كانت الثورة تعقب انتهاء

نظرية ما. ولما واجه العلماء مسألة الشذوذ أو الأزمة، فقد تناولوا وجهة نظر مختلفة نحو مصطلحات متواجدة، وطبيعة بحثهم تتغير تبعاً لذلك. إن تعدد التفسيرات القوية، وإرادة تجربة أي شيء، والتعبير عن الاستياء بوضوح والعودة إلى الفلسفة، كل هذه أعراض (علامات) الانتقال من البحث السوي إلى البحث الشاذ. وعلى أساس وجودها يعتمد تصور العلم السوي أكثر من اعتماده على وجود الثورات.

الفصل التاسع

طبيعة وضرورة الثورات العلمية

إن الملاحظات السابقة تسمح لنا في النهاية بالنظر في المشكلات التي تعطي هذه المقالة عنوانها. ما هي الثورات العلمية؟ وما هي وظيفتها في التطور العلمي؟ لقد عرضت إجابات كثيرة على هذه الأسئلة في الفصول السابقة، خاصة المناقشة السابقة التي استدلت على أن الثورات العلمية تم تناولها هنا على أنها هي تلك الأحداث التطورية غير المتراكمة التي يستبدل فيها بنموذج قديم كله أو في جزء منه نموذج جديد يناقضه. ومع ذلك فيمكن أن نقول كثيراً والجزء الأساسي فيما نقوله يمكن تقديمه بتساؤل أبعد من التساؤل السابق. لماذا يسمى تغيير النموذج ثورة؟ وفي مواجهة الاختلافات الكبيرة والأساسية بين التطور السياسي والعلمي، ما هو التوازي الذي يمكن أن يبرر الاستعارة التي تجد الثورات في كلا التطورين؟ لا بد أن يكون أحد جوانب هذا التوازي ظاهراً بالفعل. إن الثورات السياسية تبدأ عن طريق إحساس متزايد النمو، غالباً ما يكون قاصراً على قسم من المجتمع السياسي، حتى أن المؤسسات الموجودة (القائمة) قد توقفت عن مواجهة المشاكل التي تفرضها البيئة التي صنعوا جزءاً منها. وبنفس الصورة فإن الثورات العلمية تبدأ عن طريق إحساس متزايد النمو، وأيضاً غالباً ما يكون قاصراً على تقسيم ضيق للمجتمع العلمي حتى أن النموذج قد توقف عن أن

يؤدي دوراً في الكشف عن جانب من الطبيعة التي يمهد فيها الطريق هذا النموذج نفسه. وفي كل من التطور السياسي والتطور العلمي يكون الإحساس بسوء الدور الذي قد يؤدي إلى أزمة شرطاً أساسياً للثورة. وعلاوة على ذلك فإن هذا التوازي لا يمسك فحسب بالتغيرات الكبرى في النماذج، مثل تلك المنسوبة إلى كوبرنيكوس ولافوازييه، ولكن أيضاً بالتغيرات الصغرى المرتبطة بظهور نوع جديد من الظواهر - مثل الأكسجين أو أشعة أكس. وكما لاحظنا في نهاية الفصل الخامس فإن الثورات العلمية فيما يبدو تحتاج إلى ثورية فقط في هذه النماذج التي تتأثر بها. وبالنسبة للبعيدين عن هذا المجال فإن هذه الثورات - مثل ثورات البلقان في أوائل القرن العشرين - تبدو أجزاء عادية من العملية التطورية. علماء الفلك مثلاً استطاعوا أن يقبلوا أشعة أكس مجرد إضافة على المعرفة، ذلك لأن نماذجهم لم تكن قد تأثرت بوجود الإشعاع الجديد. ولكن بالنسبة لرجال مثل كلفن وكروكس ورونتجن الذين يتعلق بحثهم بنظرية الإشعاع أو يتعلق بأنابيب أشعة الكاثود (الأشعة المهبطية)، قضى ظهور أشعة أكس X حتماً على نموذج ما عندما خلق نموذجاً آخر. وهذا هو السبب في أن هذه الأشعة يمكن اكتشافها فقط من خلال خطأ ما في البحث السوي.

إن هذا الجانب الأساسي في التوازي بين التطور السياسي والتطور العلمي لا يجب أن يحمل أي نوع من الشك. ومع هذا فإن هذه الموازاة لها جانب أساسي آخر يعتمد عليه مدلول الجانب الأساسي الأول. فالثورات السياسية تهدف إلى تغيير الهيئات (المؤسسات) السياسية بالطرق التي تظهر بها هذه الهيئات ذاتها. لذلك فإن نجاح هذه الثورات يتطلب استبعاد جزئي لمجموعة واحدة من الهيئات من أجل مجموعة أخرى، وفي خلال ذلك الوقت لا تحكم المجتمع بأسره هيئات على الإطلاق. والأزمة الأساسية التي أضعفت دور الهيئات السياسية كما رأينا من قبل هي التي تضعف أيضاً الدور

الذي تقوم به النماذج Paradigms . وفي الأعداد المتزايدة يصبح الأفراد أكثر تباعدا عن الحياة السياسية ويتصرفون خلال هذه الأعداد تصرفات غريبة . ثم تتعمق الأزمة وكثير من هؤلاء الأفراد يلتزمون مع أنفسهم من أجل إعادة بناء وتعمير المجتمع في إطار عمل تأسيسي جديد . وفي هذا المجال ينقسم المجتمع إلى معسكرات أو أحزاب متنافسة ، إحداها يبحث عن الدفاع عن البرج التأسيسي القديم ، وأحزاب أخرى تعمل من أجل تأسيس برج جديد . وعندما يحدث ذلك الاستقطاب يفشل اللجوء إلى السياسة . ولأنهم يختلفون في الأحزاب حول القالب التأسيسي الذي يتحقق فيه التغير السياسي ، ولأنهم لا يتعارفون على أسلوب عمل تأسيسي للحكم على الاختلاف الثوري فإن الأحزاب في صراعها الثوري ينبغي أن تعود في النهاية إلى فن الإقناع الذي يحتوي في أغلب الأحيان على القوة . وعلى الرغم من أن للثورات دوراً حيوياً في تطوير الهيئات السياسية ، فإن هذا الدور يعتمد على كونها أحداثاً أكثر من سياسية وغير تأسيسية .

إن بقية هذه المقالة تهدف إلى تقرير أن الدراسة التاريخية لنموذج التغير تكشف عن صفات مماثلة ومتشابهة جداً في تطور العلوم . إن الاختيار بين النماذج المتنافسة شأنه شأن الاختيار بين الهيئات السياسية المتنافسة يثبت أنه اختيار بين صور متطابقة في حياة المجتمع . ولأن هذا الاختيار له هذه الصفة فإن هذا الاختيار لا يمكن أن يحدد فقط عن طريق عمليات تقييمية مميزة بالعلم السوي لأن هذه العمليات تعتمد في جزء منها على نموذج خاص Particular Paradigm وهذا النموذج يكون هو الأصل . وعندما تدخل النماذج ، كما ينبغي أن يحدث ، في نقاش حول اختيار النموذج فإن دورها يكون بالضرورة دائرياً . وكل مجموعة تستخدم نموذجها لتناقش الدفاع عن هذا النموذج .

والدائرة الناتجة بطبيعة الحال لا تجعل النقاش خاطئاً أو حتى غير

مؤثر. ومن يقدم نموذجاً عندما يتناقش من أجل الدفاع عنه يمكن أن يقدم عرضاً واضحاً لما تكون فيه الممارسة العلمية متشابهة مع هؤلاء الذين يتبنون رؤية جديدة للطبيعة. وهذا العرض يمكن أن يكون مقنعاً بدرجة كبيرة، وغالباً ما يكون مقنعاً بصورة جبرية. ولكن مهما كانت قوته، فإن صورة الجدل الدائري تكون هي صورة الإقناع. ولا يمكن أن يكون هذا العرض عرضاً منطقياً أو حتى احتمالياً من جهة إجبار هؤلاء الذين يرفضون أن يخطوا بخطاهم إلى داخل هذه الدائرة. إن المقدمات والقيم التي يشارك فيها الحزبان ليتناقشوا حول النماذج لا تكون شاملة بدرجة كافية. وكما هو الحال في الثورات السياسية، فإنه في اختيار النموذج لا يوجد مستوى أعلى من ارتقاء وظهور المجتمع المناسب. ولاكتشاف الكيفية التي تتأثر بها الثورات العلمية، علينا ألا نبحث فحسب في الصدام بالطبيعة والمنطق، ولكن نبحث أيضاً في فنون الجدل المقنع الذي يؤثر في مجموعات خاصة بأكملها تكوِّن في مجموعها مجتمع العلماء.

ومن أجل اكتشاف السبب في أن (منشأ) اختيار النموذج لا يمكن تقريره بالمنظور والتجربة وحدهما فإن علينا أن نبحث قليلاً في طبيعة الاختلافات التي تفصل أصحاب النموذج التقليدي عن أتباعهم الثوريين. وهذا البحث هو الموضوع الرئيسي في هذا الفصل والفصل التالي. ومع ذلك فقد رأينا من قبل أمثلة متعددة لمثل هذه الاختلافات، ولا أحد سينتابه شك في أن التاريخ يمكن أن يقدم أمثلة أخرى عديدة. إن ما هو موضع شك في ظهورها وما ينبغي أن ننظر فيه أولاً هو أن مثل هذه الأمثلة تقدم معرفة أساسية حول طبيعة العلم. ولما كان رفض النموذج حقيقة تاريخية، فهل يكشف هذا الرفض عن سذاجة إنسانية؟ وهل هناك أسباب جوهرية في ظهور نوع جديد من الظواهر أو نظرية علمية جديدة ينبغي أن تتطلب رفض النموذج الأقدم؟

لنلاحظ أولاً أنه إذا كانت هناك مثل هذه الأسباب فإنها لا تنشأ عن

التركيب المنطقي للمعرفة العلمية. فالظاهرة الجديدة تنشأ أساساً بدون انعكاس هدام على أي جزء من الممارسة العلمية السابقة. وعلى الرغم من أن اكتشاف حياة على القمر قد يكون الآن هادماً لنماذج موجودة فإن اكتشاف حياة في جزء أقل شهرة من القمر في المجال الفلكي لن يكون كذلك. وبنفس الدليل، فالنظرية الجديدة لا يجب أن تتناقض مع أي من سابقاتها من النظريات. وقد تتناول الظواهر غير المعروفة سابقاً كما تتناول نظرية الكم الظواهر تحت الذرية والتي لم تكن معروفة قبل القرن العشرين. أو أن النظرية الجديدة قد تكون ببساطة نظرية ذات مستوى أعلى من تلك النظريات المعروفة من قبل، والنظرية مرتبطة بمجموعة متكاملة من نظريات ذات مستوى أقل بدون أي تغيير جوهري في أي منها. واليوم، نظرية الطاقة تقدم تماماً مثل هذه الروابط بين الديناميكا والكيمياء والكهرباء والبصريات والنظرية الحرارية وما إلى ذلك. وما زالت تدرك علاقات متطابقة أخرى بين نظريات قديمة وحديثة. بعضها وكلها يمكن تبسيطها بفعل عملية تاريخية تطور من خلالها العلم. وإذا حدث ذلك فسيكون التطور العلمي ذا أصالة كبرى. وقد تكتشف أنواع جديدة من الظواهر أسلوباً في جانب من الطبيعة لم يره أحد من قبل. وفي ثورة العلم تحل المعرفة الجديدة محل معرفة أخرى ونوع آخر متناقض من المعرفة.

وبطبيعة الحال فإن العلم (أو أي مجال آخر قد يكون أقل تأثيراً) قد يتطور بهذه الصورة الكبيرة الكاملة. وكثير من الناس يعتقدون أن العلم قد فعل ذلك حقاً ومعظمهم لا يزال يعتقد أن ضخامة التطور هي على الأقل المثال الذي يعرضه التطور التاريخي فقط، إذا كانت هذه الضخامة مصبوغة في الغالب بشذوذ إنساني. وهناك أسباب هامة لهذا الاعتقاد. في الفصل العاشر سنكتشف كيفية الترابط الوثيق بين رأي العلم المتزايد ونظرية المعرفة السائدة التي تتناول المعرفة بناء موضوعاً بصورة مباشرة على معطيات

شعورية بفعل العقل، وفي الفصل الحادي عشر سوف نبحث الدعم القوي الذي يصيب الفكرة التاريخية الجغرافية. بفعل فنون علم التربية الفعال (المؤثر). وعلى الرغم من ذلك، ورغم القبول الهائل لهذه الصورة المثالية، فهناك سبب أكبر يدعو للتساؤل عما إذا كانت هذه الصورة من الممكن أن تكون صورة العلم. وقبل الفترة السابقة على النموذج فإن استيعاب كل النظريات الجديدة وكل الأنواع الجديدة من الظواهر يتطلب في الحقيقة هدم نموذج سابق وصراعاً ناتجاً عن ذلك بين مدارس الفكر العلمي المتنافسة. ويثبت الاكتساب المتزايد للابتكارات غير المشتركة أنه استثناء غير موجود تقريباً لقاعدة التطور العلمي. ومن يتناول الحقيقة التاريخية تناولاً جاداً لا بد أن يتوقع أن العلم لا يتجه نحو المثال الذي تقترحه صورة التزايد فيه. وربما كان ذلك نوع آخر من الأعمال.

ومع ذلك فإذا استطاعت الحقائق الثابتة أن تنقلنا بعيداً عندئذٍ فإن نظرة على الخلفية التي غطيناها من قبل قد تقترح أن الاكتساب المتراكم من الابتكار ليس نادراً فحسب ولكنه غير محتمل أساساً. والبحث السوي، الذي يكون متراكماً، يدين في نجاحه إلى قدرة العلماء على أن يختاروا بانتظام المشكلات التي يمكن حلها عن طريق فنون مدركة وآلية قريبة من تلك الفنون الموجودة فعلاً. (وهذا هو السبب في أن الاهتمام المتزايد بالمشكلات المفيدة، بغض النظر عن علاقتها بالمعرفة المتاحة والفن القائم، يمكن ببساطة أن يعوق التطور العلمي). فمن يتصدى لحل مشكلة محددة بمعرفة قائمة وفن قائم لا ينظر مع ذلك في حدود هذه المشكلة. إنه يعرف ما يريد أن يحققه ويصمم أدواته ويوجه أفكاره وفقاً لهذه المعرفة. إن الابتكار غير المشترك، أو الاكتشاف الجديد، يمكن أن ينشأ فقط إلى الحد الذي يثبت المشاركون فيه خطأ ما حول طبيعة وأدوات هذا الاكتشاف. وغالباً ما تكون أهمية الاكتشاف الناتج هي نفسها نسبية إلى حد وصلابة

الشذوذ التي تلقي الظلال عليها.، ومن الواضح إذن أن هناك تناقضاً بين النموذج الذي يكشف الشذوذ والنموذج الذي يعيد الشذوذ فيما بعد ذلك، وأمثلة الاكتشاف من خلال هدم نموذج، هي ما عرضناها في الفصل السادس، لم تواجهنا بمجرد حدث تاريخي. وليست هناك طريقة أخرى مؤثرة يمكن أن تتولد بها الاكتشافات.

وتنطبق الحجة نفسها بصورة واضحة على اختراع نظريات جديدة وهناك بصفة أساسية نماذج ثلاثة من الظواهر Phenomena التي تتطور النظرية الجديدة حولها، النموذج الأول يتكون من الظواهر التي تكون قد فُسرت بطريقة جيدة بفعل النماذج (القائمة)، وهذه يندر أن تقدم حافزاً على رحيل أو هدم إحدى النظريات. وعندما تفعل ذلك كما ناقشنا ذلك في نهاية الفصل السابع، فإن النظريات التي تنتج عن ذلك يندر قبولها، لأن الطبيعة لا تقدم أساساً للتمييز. والنوع الثاني من الظواهر يتكون من تلك الظواهر التي يستدل على طبيعتها من النماذج القائمة والتي يمكن لتفاصيلها أن تفهم فقط من خلال تفسير أبعد للنظرية. وهذه هي الظواهر التي يوجه العلماء نحوها أبحاثهم في معظم الوقت، لكن هذه الأبحاث تهدف إلى تفسير النماذج القائمة أكثر مما تهدف إلى اختراع نماذج أخرى جديدة. وعندما تفشل هذه المحاولات في التفسير ويبدأ العلماء في مهاجمة النموذج الثالث من الظواهر، فإن الشذوذ الذي يكون قد عرف والذي تكون صفته الصلابة يرفض الدخول ضمن النماذج القائمة، وهذا النموذج وحده تنشأ عنه نظريات جديدة. وتقدم النماذج لكل الظواهر ما عدا ألوان الشذوذ موضع نظرية محدد في مجال رؤية العَالِمْ.

ولكن إذا كانت النظريات الجديدة تُنشد من أجل حل الشذوذ بالنسبة لنظرية قائمة في الطبيعة، عندئذٍ فإن النظرية الناجمة الجديدة لا بد أن تسمح

بتنبؤات تختلف عن تلك التي تنشأ عن النظرية السابقة عليها. وهذا الاختلاف لا يحدث إذا كانت النظريتان متطابقتين من الناحية المنطقية. وفي عملية استيعابها هذه يجب على النظرية الثانية ألا تحل محل النظرية الأولى. وحتى نظرية مثل الحفاظ على الطاقة Energy Conservation التي تبدو في هذه الأيام تركيباً منطقياً سامياً يرتبط بالطبيعة فقط من خلال نظريات موضوعة بصورة مستقلة، لم تتطور تطوراً تاريخياً بدون هدم نموذج ما. وبدلاً من ذلك فإنها نشأت من أزمة كان فيها العامل الأساسي هو التناقض بين ديناميكية نيوتن وبعض النتائج التي تشكلت حديثاً عن نظرية السعر الحراري. والنظرية الحرارية بعد أن رُفضت، استطاعت الطاقة أن تصبح جزءاً من العلم. وبعد أن أصبحت جزءاً من العلم لزمن معين ظهرت بوصفها نظرية من نوع عال من الناحية المنطقية لنوع لا يتناقض مع الأنواع السابقة عليه من النظريات. ومن الصعب أن نرى كيف يمكن أن تنشأ نظريات جديدة بدون هذه التغيرات الهامة في المعتقدات حول الطبيعة. وعلى الرغم من أن الشمول المنطقي يظل رؤية مقبولة في العلاقة بين النظريات العلمية المتتابعة إلا أنه غير مقبول تاريخياً.

وأعتقد أنه منذ قرن مضى كان من الممكن ترك هذه القضية لحتمية بقاء الثورات في هذه النقطة، ولكن للأسف لا يمكن أن يحدث ذلك الآن، لأن النظرة في الموضوع وقد تطورت من قبل لا يمكن أن تبقى كما هي إذا قُبل التفسير الشائع المعاصر للطبيعة ووظيفة النظرية العلمية. وهذا التفسير المرتبط ارتباطاً وثيقاً بالنظرية الموضوعية المنطقية القديمة غير المرفوضة من النظريات المتابعة لها سوف يقيد نطاق النظرية المقبولة ومعناها؛ حتى لا يمكن أن تتناقض مع أي نظرية بعد ذلك تأتي بنفس الأقوال عن بعض الظواهر الطبيعية. والقضية الأكثر شهرة من ذلك والأقوى بالنسبة لهذا الإدراك المحدد في النظرية العلمية تنشأ في مناقشة العلاقة بين ديناميكية أينشتين

المعاصرة والمعادلات الديناميكية الأسبق التي تنشأ عن مبادىء نيوتن. ومن منطلق هذه المقالة تكون هاتان النظريتان متناقضتين تناقضاً جوهرياً في المعنى الذي توضحه علاقة فلك كوبرنيكس وفلك بطليموس: ويمكن قبول نظرية أينشتين فقط من خلال معرفة أن نظرية نيوتن كانت خاطئة. والآن تظل هذه وجهة نظر الأقلية. لذلك فعلينا أن نبحث في أكثر الاعتراضات انتشاراً على ذلك.

إن خلاصة هذه الاعتراضات يمكن أن نتابعها على النحو التالي: لا يمكن أن تبيِّن الديناميكا النسبية أن ديناميكية نيوتن خاطئة، لأن ديناميكية نيوتن ما يزال معظم المهندسين وكثير من علماء الطبيعة يستخدمونها بنجاح كبير. وعلاوة على ذلك فإن صلاحية هذا الاستخدام لنظرية قديمة يمكن الاستدلال عليه من نفس النظرية التي حلت محلها. فنظرية أينشتين يمكن أن تستخدم لتبيّن أن التنبؤات من معادلات نيوتن ستكون بدرجة جودة أدواتنا القياسية في كل التطبيقات التي تشبع عدداً ضعيفاً من الظروف المحددة. فمثلاً إذا كانت نظرية نيوتن تقدم حلاً تقريبياً جيداً فإن السرعات النسبية للأجسام موضع الاعتبار لا بد أن تقارن مقارنة صغيرة مع معدل سرعة الضوء. إن نظرية نيوتن تبدو كأنها مشتقة من نظرية أينشتين التي تمثل بالنسبة لها حالة خاصة.

ولكن مع استمرار المعارضة لا توجد نظرية من الممكن أن تتناقض مع إحدى حالاتها الخاصة. فإذا كان علم أينشتين يبدو وكأنه يجعل ديناميكية نيوتن خاطئة، فإن ذلك فقط بسبب أن بعض أتباع نيوتن كانوا غير حذرين عندما أدعوا أن نظرية نيوتن تبعتها نتائج دقيقة للغاية، أو أن هذه النظرية كانت قوية من ناحية المعدلات النسبية العالية. ولما لم يكن لديهم دليل على مثل هذه الادعاءات فقد خانوا مستويات العلم عندما وضعوها. ولما كانت نظرية نيوتن نظرية علمية بحق وتدعمها البينة الصحيحة فقد بقيت ولا تزال

كذلك. والادعاءات المبالغ فيها حول هذه النظرية لا يمكن أن يبين أينشتين أنها خاطئة، ولما كانت نظرية نيوتن بريئة من هذه المبالغات الإنسانية، فإنها لم تواجه التحدي ولا يمكن أن يحدث ذلك معها.

وبعض التنوع في هذه الحجة يكفي تماماً لأن يجعل أي نظرية تستخدمها مجموعة من العلماء الأكفاء محصنة ضد الهجوم والنقد. ونظرية الفلوجستون التي تعرضت كثيراً للطعن مثلاً أعطت نظاماً لعدد كبير من الظواهر الطبيعية والكيميائية. لقد شرحت هذه النظرية السبب في أن الأجسام المحترقة والمعادن لها خواص عديدة بصفة عامة أكثر مما لغيرها. فالمعادن كانت جميعها مؤلفة من أتربة عنصرية مختلفة متحدة مع الفلوجستون، والفلوجستون الشائع بالنسبة لكل المعادن قدم خواصاً شائعة هو الآخر. وبالإضافة إلى ذلك فإن نظرية الفلوجستون بالنسبة لعدد من التفاعلات التي تتكون فيها الحمضيات عن طريق احتراق مواد مثل الكربون والكبريت. وكذلك فإنها شرحت وفسرت انخفاض الحجم عندما تحدث عملية الاحتراق في حجم محدد من الهواء ـ فنظرية الفلوجستون التي تُدرك بفعل الاحتراق تفسد مرونة الهواء تماماً كما تفسد النار مرونة معدن ما. وإذا كانت هذه هي وحدها الظواهر التي نسبها أصحاب نظرية الفلوجستون إلى نظريتهم لكانت هذه النظرية غير قابلة على الإطلاق للتحدي. وحجة مماثلة لذلك سوف تكفي أي نظرية تُطبق بنجاح في أي نطاق من الظواهر على الإطلاق.

ولكن من أجل إنقاذ النظريات بهذه الصورة فإن نطاق التطبيق لا بد أن يكون محدداً وقاصراً على هذه الظواهر وعلى دقة الملاحظة التي يتناولها الدليل التجريبي بالفعل. وعندما ينقل مثل هذا التحديد خطوة أخرى فإنه يمنع العالم من أن يتحدث «بأسلوب علمي» عن أي ظاهرة لم تكن قد وقعت تحت الملاحظة. وحتى في صورته القائمة يمنع التحديدُ العالمَ من أن يعتمد على نظرية في بحثه الخاص عندما يدخل هذا البحث نطاقاً ما أو ينشد درجة

من الدقة لم تقدم لها الممارسة السابقة للنظرية **أي سابقة** . وهذه الموانع غير استثنائية من الناحية المنطقية . غير أن نتيجة قبولها ستكون نهاية البحث الذي من خلاله يزداد تطور العلم .

وحتى الآن هذه النقطة أيضاً لم تقدم جديداً . وبدون الالتزام بنموذج ما لا يمكن أن يكون هناك علم سوي وعلاوة على ذلك فإن هذا الالتزام يجب أن يمتد إلى نطاقات ودرجات من الدقة التي لم يكن لها سابقة من قبل . ولو لم يفعل ذلك فإن النموذج لن يقدم معضلات يكون قد تم حلها من قبل . وبجانب ذلك فليس ذلك هو العلم السوي الذي يعتمد على الالتزام بنموذج . وإذا كانت النظرية القائمة تربط العالم فقط بالتطبيقات القائمة ، عندئذٍ فلن تكون هناك مفاجآت أو ألوان شذوذ أو أزمات . لكن هذه هي العلامات التي تميز العلم الشاذ . فإذا كانت التحديدات الموضوعية في نطاق التطبيق المشروع يتم تناولها حرفياً ، فإن الميكانيكا التي تخبر المجتمع العلمي بالمشكلات التي قد تؤدي إلى تغير جوهري لا بد أنها تتوقف عن أداء وظيفتها . وعندما يحدث ذلك فإن المجتمع سيعود حتماً إلى حالة تشبه الحالة السابقة على وجود النموذج ، وهي حالة يمارس فيها كل الأعضاء العلم وهي الحالة التي يندر أن يشبه إنتاجهم الضخم فيها العلم على إطلاقه . فهل هناك عجب من أن قيمة التقدم العلمي الحقيقي يكون التزاماً يخاطر بكونه خطأ؟ !

إن هناك فراغاً منطقياً واضحاً في الجدل الوضعي ، وهو ما سوف يعود بنا في الحال إلى طبيعة التغير الثوري . هل ديناميكية نيوتن يمكن حقاً أن تنشأ عن الديناميكا النسبية؟ وماذا عساه ذلك الاشتقاق يشبه؟ لنتخيل مجموعة قضايا $E_1 - E_2 - ....E_n$ والتي تتضمن معاً قوانين نظرية النسبية . هذه القضايا تحتوي على متغيرات ومقاييس التغير تمثل المكان والزمان وما إلى ذلك . ومنها ومن أداة المنطق والرياضيات تنتج مجموعة بأكملها من القضايا تتضمن بعض القضايا التي

يمكن فحصها عن طريق الملاحظة. وحتى نثبت كفاية ديناميكية نيوتن بوصفها قضية خاصة، علينا أن نضيف إلى قضايا E_1 الإضافية مثل $I \gg (V/C)^2$ التي تحدد نطاق الكميات المتغيرة والمتغيرات. ومجموعة القضايا الكبر هذه تُعالج لتتبع مجموعة جديدة $N_1 - N_2 \dots N_m$، تكون متطابقة من ناحية الشكل مع قوانين نيوتن في الحركة وقانون الجاذبية وما إلى ذلك. ومن الواضح أن ديناميكية نيوتن مشتقة من ديناميكية أينشتين.

ولكن هذا الاشتقاق مزيف في هذه النقطة على الأقل: وعلى الرغم من أن مجموعة N_1'S هي حالة خاصة من قوانين الميكانيكا النسبية، فإنها ليست قوانين نيوتن، أو على الأقل فهي ليست قوانين نيوتن ما لم يعاد تفسير هذه القوانين في صورة كانت مستحيلة حتى بعد أعمال أينشتين أن المتغيرات في مجموعة أينشتين E_1S التي مثلت المكان الموضعي والزمان والكتلة (الحجم) وما إلى ذلك، وما زالت تحدث في مجموعة N 'S. وأنها لا تزال تمثل المكان والزمان والحجم عند أينشتين. غير أن الإشارات الفيزيائية (الطبيعية) لمفاهيم أينشتين هذه لا تنطبق بأي حال من الأحوال بتلك الإشارات الفيزيائية لمفاهيم نيوتن التي تحمل نفس الاسم. (الكتلة عند نيوتن ثابتة وعند أينشتين متقلبة بالطاقة. وفقط في معدلات سرعة بطيئة نسبية يمكن قياس الاثنين بنفس الطريقة، ولا بد أنهما لا يدركان على أنهما نفس الشيء) وإذا لم نغير تعريفات المتغيرات في N_1's، فإن القضايا التي استخلصناها ليست قضايا نيوتن. ولو غيرناها فعلاً فلا يمكن أن يقال أننا استخلصنا قوانين نيوتن، على الأقل ليس بأي معنى من معاني الكلمة المعروفة الآن بصفة عامة. وحجتنا بطبيعة الحال تفسر السبب في أن قوانين نيوتن ما زالت تبدو وهي تؤدي دورها. وبهذا تكون قد بررت لسائق عربة النقل التصرف كما لو كان يعيش في عالم نيوتن. وحجة من نفس النوع تستخدم لتبرير تعليم فلك مركزية الأرض لماسحي الأرض. غير أن هذه الحجة ما زالت لم تقم بما هدفت إلى القيام به. ولم تبين قوانين نيوتن على

أنها حالة محددة من قوانين أينشتين . لأنه في القطعة وحتى هذا الحد لم تتغير فقط صور القوانين التي تغيرت . ولكنه في نفس الوقت علينا أن نغير العناصر التركيبية الأساسية التي يتألف منها العالم .

هذه الحاجة إلى تغير معنى التصورات القائمة والمألوفة يتركز في الصدام الثوري بنظرية أينشتين . وعلى الرغم من أن هذا التغير أكثر دقة من التغيرات التي حدثت من مركزية الأرض إلى مركزية الشمس From Geocentrism to Heliocentrism ومن الاحتراق إلى الأكسجين ، أو من كرات الدم إلى الأمواج ؛ إلا أن التحول الناتج في المفهوم ليس أقل هدماً لنموذج قائم أسبق . ونأتي لنراه نموذجاً أول لإعادة الاستشراق الثوري في العلوم . ولأنه لا يتضمن تقديم موضوعات أو مفاهيم إضافية ، فإن التحول من ميكانيكية نيوتن إلى ميكانيكية أينشتين يوضح وضوحاً خاصاً الثورة العلمية باعتبارها استبدالاً لمفهوم العمل الذي ينظر العلماء من خلاله إلى العالم .

هذه العلامات تكفي لما قد يمكن تقريره وقبوله في جو فلسفي آخر ، على الأقل بالنسبة للعلماء تكون معظم الاختلافات الواضحة بين النظرية العلمية المنقضية والنظرية التابعة لها حقيقية . وعلى الرغم من أن نظرية قديمة يمكن أن ينظر إليها دائماً بوصفها حالة خاصة لتابعتها النظرية القائمة ، إلا أنها لا بد وأن تتحول من أجل هذا الغرض . والتحول هو التحول الذي يمكن تناوله فقط من خلال مزايا فوات الأوان ، وهو المرشد البسيط لنظرية أكثر حداثة . وعلاوة على ذلك فإذا كان هذا التحول نوعاً مشروعاً يستخدم في تفسير النظرية الأسبق ، لكانت نتيجة تطبيقه نظرية محدودة جداً لدرجة أنها تقرر فقط ما هو معروف بالفعل . وبسبب اقتصادها لن تكفي للدلالة على إرشاد البحث .

دعنا إذن نقبل أن تكون الاختلافات بين النماذج المتتالية ضرورية

ومتناقضة، فهل نستطيع عندئذٍ أن نقول ببساطة أي نوع من الاختلافات هذه؟ إن النموذج الأكثر وضوحاً قد شرحناه سابقاً بوضوح. وتخبرنا النماذج المتتالية بأشياء مختلفة عن سكان العالم وعن سلوك السكان. أنها تختلف عن مثل هذه المسائل مثل وجود جزئيات الذرة، ومادية الضوء وحفظ الحرارة أو الطاقة. هذه هي الاختلافات الجوهرية بين النماذج المتتابعة وهي لا تتطلب إيضاحاً أكثر من ذلك. لكن النماذج تختلف في أكثر من جوهر، لأنها توجه ليس فقط نحو الطبيعة ولكن أيضاً نحو العلم الذي أنتجها. إنها هي مصدر المذاهب وهي مجال المشكلات ومستويات الحل التي يقبلها المجتمع العلمي الناضج في أي زمن كان. ونتيجة لذلك فإن استقبال نموذج جديد غالباً ما يشترط إعادة تعريف العلم المتطابق. ويمكن نسبة بعض المشكلات إلى علم آخر أو أن تعلن أنها «غير علمية» تماماً. ومشكلات أخرى كانت غير موجودة سابقاً بالإضافة إلى نموذج جديد تصبح نماذج قديمة جداً وذات إنجاز علمي هام. وعندما تتغير المشكلات في أغلب الأحيان يأتي مستوى يميز الحل العلمي الحقيقي عن مجرد التعامل الميتافيزيقي، أو اللعب بالألفاظ أو اللعب بالرياضيات. إن التقليد العلمي السوي الذي ينشأ عن ثورة علمية لم يكن متناقضاً فحسب بل أيضاً متناقض بالفعل مع ذلك التقليد الذي حدث من قبل.

إن تأثير عمل نيوتن على تقليد القرن السابع عشر في الممارسة العلمية يقدم مثالاً واضحاً لتلك المؤثرات الأكثر دقة والمتعلقة بتغير النموذج. وقبل أن يُولد نيوتن فإن العلم الجديد لهذا القرن قد نجح في النهاية في رفض التفسيرات الأرسطية والمدرسية التي يعبر عنها في حدود ماهيات الأجسام المادية. فلكي نقول أن حجرة تسقط بسبب أن طبيعتها تؤدي بها نحو مركز العالم فإن ذلك حديث قديم لا جديد فيه. ومن هنا فإن تدفق مظاهر الإدراك بما فيهما اللون والذوق والوزن أيضاً كانت تشرح في حدود

الحجم والشكل والمكان وحركة الكرات الأساسية في المادة. إن نسبة صفات أخرى إلى الذرات الأساسية كان عودة إلى التنجيم ومن هنا فقد كان بعيداً عن حدود العلم. لقد تعلق موليير Moliére بشدة بهذه الروح الجديدة عندما سخر من الطبيب الذي شرح تأثير الأفيون عقاراً عندما نسب إليه قوة التنويم. وأثناء النصف الأخير من القرن السابع عشر فضل كثير من العلماء أن يقولوا أن الشكل العام لجزئيات الأفيون مكنتهم من تهدئة الأعصاب التي تحركوا بفعلها.

وفي فترة مبكرة عن ذلك كانت تفسيرات صفات التنجيم جزءاً أساسياً في إنتاج العمل العلمي. وعلى الرغم من ذلك فإن الالتزام الجديد في القرن السابع عشر بالتفسير الميكانيكي الجسيمي قد أثبت أنه مثمر للغاية لكثير من العلوم، يخلصها من المشاكل التي تحدت بصفة عامة الحل المقبول ويقدم اقتراحات أخرى مكانها. فمثلاً في الديناميكا تمثل قوانين نيوتن الثلاثة في الحركة أقل إنتاج من التجارب الجديدة عن محاولة إعادة تفسير الملاحظات المعروفة في حدود الحركات والتفاعلات الخاصة بالجسميات المحايدة الأولية. ولنتناول فقط توضيحاً دقيقاً لذلك: لما كانت الجسميات المحايدة تعمل معاً بالاتصال، فإن النظرة الميكانيكية للطبيعة قد وجهت الاهتمام العلمي إلى موضوع جديد من الدراسة، وهو تغير حركات معينة بالاصطدام، ولقد أعلن ديكارت هذه المشكلة وقدم أول حلولها وقد نقلها كل من هويجنز Huyghens وفيرن Wern وفاليس Wallis إلى ما هو أبعد من ذلك، من ناحية عن طريق التجريب باصطدامات البندول، ومن ناحية أخرى بتطبيق المميزات المعروفة سابقاً للحركة بالنسبة للمشكلة الجديدة. وقد وطد نيوتن نتائجها في قوانين الحركة عنده. و «الفعل» ورد «الفعل» المتعادلان في القانون الثالث هي التغيرات في قدر الحركة التي تجري عليها التجربة بقسمين من الاصطدام. ونفس تغير الحركة يعطي تعريفاً

للقوة الديناميكية الموضحة في القانون الثاني وفي هذه الحالة، كما في حالات أخرى كثيرة أثناء القرن السابع عشر، تولد عن نموذج الجسيميات مشكلة جديدة وجزء كبير من حل هذه المشكلة.

غير أنه بالرغم من أن عمل نيوتن كان موجهاً نحو مشكلات ومتضمناً مستويات ناشئة عن وجهة النظر الميكانيكية الخاصة بالجسيميات؛ إلا أن تأثير النموذج الذي نتج عن عمله هذا كان تغييراً هداماً جزئياً في المشكلات والمستويات المشروعة في العلم. والجاذبية التي فسرت على أنها جاذبية فطرية بين كل زوج من جزئيات المادة كانت نوعاً من التنجيم بنفس المعنى الذي كان في «الاتجاه للسقوط»، لذلك فبينما ظلت نظرية الجسيميات مؤثرة، إلا أن البحث عن تفسير ميكانيكي (آلي) للجاذبية كان أحد أكبر المشكلات المتحدية بالنسبة لهؤلاء الذين قبلوا «المبادىء» Principia نموذجاً ولقد كرس نيوتن اهتماماً كبيراً لهذا التفسير وكذلك فعل كثير من أتباعه في القرن الثامن عشر. وكان الاختيار الظاهر الوحيد هو رفض نظرية نيوتن لإخفاقها في تفسير الجاذبية، وأن البديل كان أيضاً مناسباً جداً. وبعد ذلك لم ينتصر أحد الرأيين تماماً. ولما لم يكن في مقدور العلماء حتى ممارسة العلم بدون المبادىء أو جعل هذا العمل يتطابق مع مستويات الجسيميات في القرن السابع عشر، فقد قبلوا بالتدريج الرأي القائل بأن الجاذبية كانت في الواقع فطرية، وعند منتصف القرن الثامن عشر كان هذا التفسير مقبولاً بصفة عامة تقريباً. وكانت النتيجة هي إعادة تفسير أصيلة من قبل المستويات العلمية. إن الجاذبية الفطرية والتنافر الفطري مرتبط بالحجم والشكل والمكان والحركة كصفات طبيعية أولية للمادة.

إن التغير الناتج في مستويات ومجال مشكلات العلم الطبيعي كانت تابعة لذلك. ومع مقدم سنة ١٧٤٠ على سبيل المثال استطاع الكهربائيون أن يتحدثوا عن عامل الجاذبية في الانسياب الكهربائي بدون أن يدعو ذلك

للسخرية التي حبت طبيب موليير قبل ذلك بقرن. ولما استطاعوا ذلك فإن الظواهر الكهربائية قد عرضت بصورة متزايدة في أسلوب مختلف عما عرضوه. وبصفة خاصة، عندما أصبح العقل الكهربائي موضوعاً للدراسة في ذاته فإن الظاهرة التي نستنتجها يمكن أن تعرف بوصفها واحدة من المؤثرات الخاصة بهذا الفعل. وقد رأينا سابقاً أن ذلك يرجع إلى الفعل المباشر للفضاء والكهرباء أو إلى التشرب الحتمي في أي معمل كهربائي، والرأي الجديد الخاص بالمؤثرات الكهربائية كان بدوره المفتاح بالنسبة لتحليل فرانكلين إناء ليدين وبالتالي ظهور نموذج جديد لنيوتن للكهرباء. وكذلك لم تكن الديناميكا والكهرباء هي المجالات العلمية الوحيدة التي تأثرت بصحة البحث عن قوى فطرية للموضوع. كذلك تأثر الهيكل العريض لأدب القرن الثامن عشر في العلاقات الكيميائية وكذلك فهناك مجموعة بديلة تأتي عن هذا الجانب الميكانيكي النيوتوني إن الكيميائيين الذين آمنوا بهذه الجاذبيات المختلفة بين الأنواع الكيميائية المختلفة، قاموا قبل ذلك بتجارب لا يتخيلها عقل وبحثوا عن أنواع جديدة من التفاعلات. وبدون المعطيات والمفاهيم الكيميائية المتطورة في هذه العملية، فإن العمل الأخير لصاحبه لافوازييه وخاصة عمل دالتون تكون غير مفهومة. وإن التغيرات في المستويات التي تحكم مشكلات جائزة وتصورات وتفسيرات مقبولة يمكن أن تنقل علماً. وفي الفصل القادم سأعرض للمعنى الذي به «يحول» العلماء هذه التغيرات.

ويمكن اشتقاق أمثلة أخرى لهذه الاختلافات غير الجوهرية بين النماذج المتتابعة من تاريخ أي علم تقريباً في أي فترة من تطوره. ولنتحول الآن إلى التعرض لتوضيحين آخرين مختصرين. قبل الثورة الكيميائية كانت أعمال عالم الكيمياء المتفق عليها من أجل نوعيات من المواد الكيميائية، ومن أجل تغير هذه النوعيات التي تستمر في خلال التفاعلات

الكيميائية ، وبمساعدة عدد صغير من «المبادىء» الجوهرية ـ التي يعتبر الفلوجستون واحداً منها ـ كان الكيميائي يشرح السبب في أن بعض المواد حمضى وبعضها معدني وبعضها قابل للاحتراق وما إلى ذلك . ولقد تحقق بعض النجاح في هذا الاتجاه . ولقد لاحظنا بالفعل أن الفلوجستون قد فسر السبب في أن المعادن كانت متشابهة لدرجة كبيرة ، وقد تطور حجة مماثلة للحامض . ومع ذلك فإن إصلاح لافوازييه ولى تماماً مع المبادىء الكيميائية ، وانتهى بذلك عن طريق حرمان الكيمياء من قوة فعلية وقوة تفسيرية فعالة . ومن أجل تعويض هذه الخسارة كان التغير في المستويات مطلوباً . وأثناء إخفاق القرن التاسع عشر في تفسير صفات المركبات لم يكن هناك استدلال على نظرية كيميائية .

ولقد شارك كليرك ماكسويل مع الأصحاب الآخرين لنظرية تموج الضوء في القرن التاسع عشر في اكتشاف أن موجات الضوء لا بد أنها تنفذ من خلال فضاء مادي . وكان تصميم الوسيط الكيميائي لدعم مثل هذه الموجات يمثل مشكلة بالنسبة للمعاصرين له بل أقدر المعاصرين . ومع ذلك فإن نظريته وهي نظرية الكهرومغناطيسية في الضوء لم تلق بالاً لوسيط قادر على دعم موجات الضوء وألقت بالاً لما كانت تبدو عليه سابقاً . ولهذه الأسباب رفضت نظرية ماكسويل رفضاً كبيراً ، ولكن نظرية ماكسويل ـ شأنها شأن نظرية نيوتن ـ أثبتت أنه من الصعب قبولها ولما تحقق من خلالها نموذج جديد ، فقد تغيرت وجهة نظر المجتمع نحوها . وفي العقود الأولى من القرن العشرين يبدو إصرار ماكسويل على وجود الأثير الميكانيكي أكثر تظاهراً بالولاء ولم يكن كذلك في الحقيقة . ومحاولات وضع مثل هذا الوسيط الأثيري لم يقم بها أحد . ولم يعد العلماء يفكرون في أنه أسلوب غير علمي أن نتحدث عن الاستبدال الكهربائي بدون توضيح ما هو الشيء الذي يستبدل . وكانت النتيجة مرة ثانية مجموعة مشكلات ومعايير، إحداها يتعلق بظهور نظرية النسبية .

إن هذه التغيرات المميزة في المفهوم العلمي عند المجتمع عن مشكلاته ومعاييره المشروعة تكون أقل دلالة على البحث في هذه المقالة إذا كان هناك من يفترض أن هذه التغيرات تحدث دائماً من نموذج أقل من الناحية المذهبية إلى نموذج أعلى في هذه الناحية . وفي هذه الحالة تبدو مؤثراتها أيضاً تراكمية . ولا عجب في أن بعض المؤرخين تناقشوا على أن تاريخ العلم يسجل تزايداً مستمراً في نضوج واكتمال تصور الإنسان لطبيعة العلم . ولكن الحالة النسبية للتطور المتزايد في مشكلات العالم أيضاً يصعب تواجدها عن حالة تزايد وتراكم النظريات . وعلى الرغم من أن محاولة تفسير نظرية الجاذبية قام بها معظم علماء القرن الثامن عشر، إلا أنها لم تكن موجهة نحو مشكلة غير مشروعة أساساً . ولم تكن الاعتراضات على القوى الفطرية غير علمية ولم تكن كذلك ميتافيزيقية بالمعنى الذي يحمل احتقاراً . وليست هناك مقاييس خارجية تسمح بحكم من هذاالنوع . وما حدث لم يكن انهيار المقاييس أو ارتقاءها ولكن ما حدث كان ببساطة تغيراً مصاحباً لظهور نموذج جديد. وعلاوة على ذلك فإن هذا التغير قد سبق تفسيره ويمكن تفسيره مرة ثانية . لقد نجح أينشتين في القرن العشرين في تفسير الجاذبية الأرضية وأرجع هذا التفسير العلم إلى مجموعة قوانين ومشكلات تمثل من تلك الوجهة الخاصة قضايا متشابهة مع أسلاف نيوتن أكثر من تشابهها مع خلفائه . إن تطور ميكانيكا الكم هي التي فسرت الاعتراض المذهبي الذي تولد في الثورة الكيميائية . ويحاول الكيميائيون الآن وبنجاح كبير تفسير اللون والصفات الأخرى للمواد التي تستعمل وتستخرج في معاملهم ، وهناك تفسير مماثل في نظرية الكهرومغناطيسية. والفضاء في الطبيعيات المعاصرة ليس هو الجوهر المتماثل الذي استخدم في نظريتي نيوتن وماكسويل وبعض خواصها الجديدة لا تتشابه مع تلك الخواص التي ترجع إلى الأثير وسنعرف في يوم ما ، ما هو الاستبدال الكهربائي (البديل الكهربائي) .

ويتحول التأكيد من وظائف النماذج المعرفية إلى وظائفها المعيارية ، فإن الأمثلة السابقة توضح مفهومنا للطرق التي تعطي فيها النماذج صورة للحياة العلمية . وقد سبق أن بحثنا بصفة أساسية في دور النموذج بوصفه فكرة وطريقاً للنظرية العلمية . وفي هذا الدور يؤدي النموذج دوره بأن يخبر العالم عن الموجودات التي تحتويها الطبيعة والتي لا تحتويها وكذلك عن الطرق التي تسلكها هذه الموجودات . وهذه المعرفة تقدم خريطة تتضح تفاصيلها عن طريق البحث العلمي الناضج . ولما كانت الطبيعة أيضاً مركبة واكتشافاتها المختلفة عشوائية ، وهذه الخريطة جوهرية بقدر الملاحظة والتجربة بالنسبة لتطور العلم المستمر . ومن خلال النظريات التي تحتويها ، تبرهن النماذج على أنها مركبة من نشاط البحث العلمي . ومع ذلك فهي أيضاً تتركب من العلم في جوانب أخرى ، وهذه هي النقطة التي نبحثها الآن . وبصفة خاصة فإن أكثر أمثلتنا حداثة تبين أن النماذج تمد العلماء ليس فقط بخريطة ، ولكن أيضاً ببعض التوجيهات الأساسية بالنسبة لعمل هذه الخريطة . وعند معرفة النموذج يكتسب العالم النظرية والمذاهب والمقاييس معاً . ولذلك فعندما تتغير النماذج فهي عادةً تغيرات هامة في المعايير التي تحدد صحة ، كل من المشكلات والحلول المقترحة لها .

وتعود بنا هذه الملاحظة إلى النقطة التي بدأ منها هذا الفصل لأنها تعطي لاستدلالنا الواضح السبب في أن الاختيار بين النماذج المتنافسة يثير بصفة منتظمة أسئلة لا يمكن حلها عن طريق معايير العلم السوي ، وإلى الحد الذي لا تتفق فيه المدرستان العلميتان حول ماهية المشكلة وماهية الحل ، فإنهم حتماً سيتحدثون كل من خلال الآخر عندما يتناقشون حول الاستحقاق النسبي لنماذجهم النسبية . وفي الحجج الجزئية الدائرية التي تنتج بصفة منتظمة ، سيظهر كل نموذج على أنه يشبع معايير أكثر أو أقل . وهناك أسباب أخرى أيضاً لعدم كمال الاتصال المنطقي الذي يميز

بصفة مستمرة المناقشات حول النماذج. وعلى سبيل المثال فلما لم يكن هناك نموذج ما يحل كل المشكلات التي يحددها ذلك النموذج ولما لم يكن هناك نموذجان يتركان كل هذه المشكلات غير المحلولة، فإن مناقشات النموذج تتضمن دوماً التساؤل: أي المشكلات أكثر أهمية بحيث تحل؟ ومثل مصدر المقاييس المتنافسة فإن السؤال عن القيم يمكن الإجابة عليه فقط في حدود المقاييس التي تقع خارج العلم السوي، ومعنى ذلك العودة إلى المقاييس الدارجة التي تجعل المناقشات حول النماذج مناقشات ثورية بشكل واضح جداً. وهناك شيء أكثر جوهرية من المقاييس والقيم مع ذلك. وحتى الآن فإنني أناقش فقط كيف أن النماذج مركبة من العلم. وأنني أود الآن أن أعرض المعنى الذي تكون فيه هذه النماذج مركبة من الطبيعة أيضاً.

الفصل العاشر

الثورات كتغيرات لوجه العالم "الكون"

عند فحص سجلات البحث القديم من خلال الكتابات التاريخية الجغرافية المعاصرة، فإننا نلحظ أن المؤرخ العلمي قد استراق له أن يوضح ويعلن أنه عندما حدث تغير وتحول في (النماذج) فإن الكون بأكمله قد تغير وتبدل بتغيرها. ولقد اهتدى العلماء بالنموذج الجديد وتبنوا أدوات جديدة ونظروا في نقاط ومواضيع جديدة. غير أن الأكثر أهمية من ذلك أنه في أثناء الثورات والتغيرات المذهلة وجدنا العلماء يشاهدون أشياء جديدة ومختلفة عند استخدامهم للأدوات المألوفة لديهم في المواطن والنقاط التي شاهدوها منها من قبل، أي إن الثورات جعلت العلماء يرون عند النظر في الأشياء ما لم يرونه من قبل عندما كانوا ينظرون في نفس هذه الأشياء وعندما استخدموا نفس الأدوات التي اعتادوا الاستعانة بها. وبدا الأمر وكأن المجتمع الأرضي قد تحول فجأة ليصبح كوكباً آخر لم يعرفه العلماء من قبل. حيث أن كل الموضوعات المألوفة بدأت تسلط عليها الأضواء من جوانب مختلفة وظهر فيها ما لم يظهر من قبل، وكذلك فقد ارتبطت بعض من هذه الموضوعات المتعارف عليها بالعديد من الموضوعات الجديدة التي أفرزتها الثورات. ولكننا يجب أن نوضح نقطة هامة ألا وهي أنه لم يحدث للعالم أي تحول جغرافي ولم يتغير شيء في طبيعته، فقد سارت الأمور كما هي عليه، خارج المعمل.. غير أن تغيرات النموذج Paradigm Changes جعلت العلماء

ينظرون للعالم بطريقة مختلفة من خلال أبحاثهم واهتماماتهم العلمية. وفي الحقيقة فمن المحتمل أن العلماء بعد الثورة قد تعاملوا مع عالم مختلف تماماً عن ذلك الذي عرفوه ودرسوه قبيل هذا التاريخ.

وأمثلة هذه النماذج الأولية لهذه التحولات والتغيرات التي حدثت في عالم العلم أن مجال التفسيرات المعروفة للتحولات البصرية قد حث فيها اكتشافات مثيرة. فقد تبدل كل شيء في هذا المضمار (وما عرف على أنه بط اتضح أنه أرانب). أي أن الحقائق التي كانت معروفة ومسلماً بها اتضح بعد ذلك أنها على النقيض مما كانت عليه. فالإنسان الذي شاهد غطاء الصندوق من الخارج عاد بعد ذلك ليشاهد محتواه من الداخل. إن مثل هذه التحولات على الرغم من أنها تمت بالتدريج، إلا أنها كانت ملازمة ومصاحبة للتدريب العلمي. وعند النظر في خطوط الخرائط التي توضح المرتفعات والتضاريس، فإن الطالب يشاهد خطوطاً، مجرد خطوط على ورقة، إنها صورة مخططة تدل على أشياء وتقاسيم موجودة في الواقع، عند النظر في هذا الحيز المصور الصغير (الخريطة) فإن الدارس يلاحظ تداخلاً وتشابكاً بين الخطوط التي يقطع بعضها، وكذلك يشاهد سجلاً فيزيقياً للأحداث الطبيعية التي حدثت على وجه الأرض. فقط بعد عدد بسيط من مثل هذه التحولات التي يقوم الدارس ببحثها وفحصها ورؤيتها، يصبح الطالب أحد سكان عالم العلم (أي العالم الجديد الذي سيطر عليه التطور العلمي والاكتشافات الجديدة بعد الثورة). يرى ما يفعله العلماء في مناهج بحثهم ثم يتبعهم فيه. إن مثل هذا العالم الذي اقتحمه الطالب ليس عالماً محدداً فقط ـ من كل جوانبه ـ بطبيعة البيئة من ناحية وبالعلم من ناحية أخرى، بل أنه في الواقع محدد ومرتبط بالبيئة وكذا بالتقاليد العلمية السوية التي يتوجب على الدارس أن يقتفي أثرها ويسير مهتدياً بها. لذلك ففي أوقات الثورات، عندما تتغير التقاليد العلمية السوية فإن نظرة العالم لبيئته يجب أن تعاد مرة ثانية،

فيجب عليه أن يعيد النظر فيما هو شائع ومألوف حتى يتمكن من رؤية الحقائق الجديدة. وعندما يفعل العالم ذلك فإن نتائج بحثه حتماً ستتغير عما كانت عليه من قبل. ولعل ذلك سبب وجيه يفسر سبب إرشاد المدارس بالعديد من (النماذج) المختلفة وهذا من أجل خدمة الأغراض المتباينة.

إن الخبرات المكتسبة من هذه التحولات والتغيرات قد تعهدها معهد هانوفر بالرعاية والاهتمام. إذ اهتم بعلم البصريات، وتبني في البداية فكرة العدسات العاكسة حيث بدا العالم ككل وكأننا نشاهده من أسفل. وبدأ هذا المعهد في أول عهده بمحاولة لتوظيف جهاز يستعاض به عن النظر المجرد ولكن نتائج هذه المحاولة لم تأت بالثمار المرجوة منها. ولكن بعد عدة دورات متعاقبة طفى هذا الموضوع على السطح مرة ثانية. كما أن تداخل مجال الرؤية والاضطراب الذي حدث من قبل بسبب هذا الاندماج أو التداخل في مجال الرؤية قد تغير وفي النهاية استطاع الإنسان أن يبتكر عدسات عاكسة بعد أن مر بتحولات وتغيرات ثورية في مجال الرؤية.

كذلك فإن موضع مجموعة لاعبي الورق قد تمت مناقشته في الفصل السادس ولاحظنا ما طرأ عليه من تحولات. إن الخبرة قد قدمت التقسيمات الأساسية، وكذا فإن بعض التجارب قد فسرت لنا بعض المدركات الحسية مثل الحجم، اللون، والطعم... وما إليها من مدركات الحس المختلفة. إن حصر التجارب الأدبية ومحاولة إرجاعها لأصولها تحتاج أيضاً بصفة أساسية إلى النماذج|لتساعد على إنجاز هذه المهمة. لأن الإنسان في ضوء التغيرات الجديدة بعد الثورة العلمية أصبح ما يراه يعتمد على ما يشاهده في الحاضر وكذا على ما تعلم مشاهدته من قبل ذلك من خلال خبرته البصرية التصورية السابقة. لأن غياب أحد هذين العنصرين ينطبق عليه قول W. James «فيه اضطراب حاد» إن معظم المهتمين بتاريخ العلم في السنوات الماضية استطاعوا أن يكتشفوا

أنـواع التجـارب التـي وصفـت من قبـل. ولقـد استخــدم هانسون N. R. Hanson بعض التفسيرات لكي يحدد بعض المعتقدات العلمية التي هي موضع اهتمامي هنا. كذلك فإن البعض الآخر من الزملاء لاحظوا أن تاريخ العلم سيصبح أفضـل وأكثـر التصاقـاً بالواقـع إذا استطـاع العلماء أن يشرحـوا الملامح الرئيسية للتطور العلمي. ولكن هؤلاء القوم لم يوضحوا لنا أن الملاحظـة الدقيقة المتـأنية المدعمـة بالتجـارب والأبحـاث التـي قام بهـا العلماء ستشـــارك في ظهور الملامح الأساسية للتطور العلمي. وأكثر من ذلك فإن طبيعة هذه التجارب تكون تفسيراً مباشراً للنقاط الغـامضة. فإذا استعانــت الأمثلــة التاريخيـة بالتجارب السيكولوجية فإن الأمور ستتضح أكثر مما هي عليه. ولكننا يجب علينا أولاً أن نحدد أنواع البينات التي نتوقع أن يمدنا بها التاريخ.

إن الفرد موضوع بحث الجشطلـت يمـكن أن يتحـرك للخلف والأمـام بينما يظل محتفظاً بنفس الكتاب أو نفس قطعة الورق في يديه. وكذلك فإنه يظل مدركاً أنه لم يحدث ثمة تغير في بيئته، فإنه يوجـه اهتمامـه في تزايد مطـرد ليس إلى الأشكال أو الصور، بل يوجهه إلى الأسطر على الورقة التي ينظر إليها. ولهذا فإنه من الممكن أن يجد نفسه وقد تعلم أن ينظر إلى هذه الأسطر دون أن يرى أيًّا من الصور أو الأشكال الموجودة أمامه. وكذلك يمكنه القول بأن هذه الأسطر وهذه الأشكال قد رآها من قبل ولكنـه لم يدرك كنهها قبـل الآن. فكثيراً ما يستغرق الإنسان ويمعن النظر في شكل أو صورة ولكنه لا يرى منها ما سوف يراه بعد ذلك عندما يعود لينظر إليها من جديد. ولهذا فإنه يجـد أن الفكرة التي كونها عن الموضوع في المرة الأولى قد تغيرت وتبدلـت تماماً عندما تناول الموضوع مرة ثانية، أي أن الموضوع يبدو وكأنه قد انقلب رأساً على عقب. نفس هذه الفكرة مطبقة في ورقـة اللعب (الكوتشينة) غير العادية عندما ينظر للكارت بنظرة تختلف عن نظرته الأولى له. ولعل ذلك كله يرجع للتجارب النفسية المتشابهة. على أية حال فإن قوة البرهـان ومـدى صدقـه

يعتمد على قابليته للتحليل والإثبات. إذ لم يكن هناك مستوى عال لتفسير تحولات البصر فلن توجد هناك نتائج مثمرة في هذا المضمار.

والجدير بالذكر أنه من الملاحظة العلمية، فإن العالم ليس له عون ولا سند غير ما يراه بعينيه وما يدركه بأدواته المختلفة. فإذا كان هناك سلطة أعلى من ذلك يمكنه أن يستعين بها بدلاً من الرؤية المجردة باستخدام حاسة البصر، في هذه الحالة فإن هذه السلطة ستصبح من تلقاء نفسها المصدر الرئيسي لمعلوماته، وسيصبح سلوكه البصري منبعاً للمشاكل. وستنشأ نوعية من المشاكل متشابه مع تلك التي نشأت من خلال التجارب التي تعرضنا لها سابقاً في الجزء الأول. فالفترة التي يكون الضوء فيها «أحياناً كموجة وأحياناً أخرى كجزيء» هي دورة أو فترة يعتريه خلالها تحول فجائي عندما يحدث شيء ما غير صحيح، وفي النهاية ينتهي بتطور الموجة الضوئية، وندرك أن الضوء في محتواه الخاص ووجوده الذاتي يختلف كل الاختلاف عن كل من الموجات والجزئيات. ولهذا فإنه في الأمور العلمية إذا كانت التحولات مصاحبة للتغيرات، فإنه لا يحق لنا أن نتوقع أن العلماء سيسلمون بهذه التغيرات بطريقة مباشرة. بالنظر إلى القمر، فإن ثورة كوبرنيقوس وتغيراته العلمية التي أحدثها في هذا المجال لا يعني ذلك أن لسان حالها يقول «لقد اعتدت أن أرى كوكباً، ولكنني الآن أشاهد الكوكب الذي يتبعه» إن مثل هذه المقولة تستخدم الحس الذي صححه نظام بطلميوس ذات مرة. إن التحول والانتقال جعل الفلكي الجديد يقول: «إنني ذات مرة قد رأيت القمر على اعتبار أنه كوكب، ولكنني في الحقيقة كنت مخطئاً». إن مثل هذه المقولة التي يعترف فيها العالم بأنه كان يعتبر موضوعاً معيناً على أنه يمثل شكلاً معيناً ثم يعود ليذكر بأنه كان مخطئاً في اعتقاده، إن هذه المقولة إنما تدل بوضوح على أنها ترجع إلى نتيجة الثورة العلمية التي حدثت فقلبت الأوضاع العلمية التي كانت موجودة وبدلت الأفكار العلمية حتى لدى

العالم الواحد. فالعالم الذي قرر نظرية ودافع عنها لكي يثبتها يؤكد صحتها، عاد بعد الثورة العلمية ليؤكد أنه كان مخطئاً فيما كان يعتقده تجاه هذه النظرية.

وإذا عدنا للمعلومات فسنجد أن اكتشاف سير وليام هيرشل Sir William Herschel لأورانوس Uranus أعطى لنا المثل الأول على صحة هذه النظرية. ففي قرابة سبعين مناسبة مختلفة - على أقل تقدير - ما بين عام ١٦٩٠م وعام ١٧٨١ م، فإن عدداً من علماء الفلك، بما فيهم العديد من الملاحظين الأوروبيين البارزين، شاهدوا هذا النجم في مواقعه والذي نسميه الآن بأورانوس. لكن واحداً من أفضل هؤلاء الملاحظين المدققين قد شاهد بالفعل هذا النجم في أربع ليالٍ متتابعة (متعاقبة) في عام ١٧٦٩ م وذلك دون أن يلاحظ حركته التي أدت إلى اكتشافات أخرى بعد ذلك. إن هيرشل الذي كان قد رأى النجم شاهد نفس هذا النجم بعد اثنتي عشرة سنة بعد ذلك التاريخ، وذلك عن طريق تلسكوب كان قد صنعه بنفسه. وكان من نتيجة ذلك أنه استطاع أن يشاهد بوضوح حجم القرص الذي كان في الواقع يمثل حجماً غير عادي لم يوجد في حجم باقي النجوم. ولهذا وجدناه يؤجل هذا الاكتشاف قليلاً حتى يتمكن من إعادة الكرة مرة ثانية عن طريق إمعان النظر. إن التدقيق وإمعان النظر كشف عن حركة أورانوس بين النجوم. ولذلك فإن العالم هيرشل أعلن أنه قد شاهد نجماً مذنباً (ذا ذنب)! وبعد أشهر قليلة، وبعد عدة محاولات غير مثمرة لإرجاع الحركة الملاحظة ملائمة لمدار المذنب، اقترح Lexell أن مدار هذا المذنب ربما كان لكوكب وعندما تمت الموافقة على هذا الاقتراح، كانت هناك أعداد قليلة من النجوم وكذلك أكثر من كوكب واحد في عالم علماء الفلك المحترفين. إن الجسم السماوي الذي تمت مشاهدته على مدار قرابة قرن من الزمان، كان قد تمت مشاهدته بطريقة مختلفة في عام ١٧٨١م.

في الواقع إن نظرية التحول البصري قد مكنت علماء الفلك من رؤية أورانوس ككوكب. ولكن الرؤية أظهرت أيضا صعوبة الوصول إليه. على

أية حال وعلى الرغم من أن الشواهد والدلائل غير قاطعة فإن النموذج الصغير قد غيره هيرشل بهذا الاكتشاف مما ساعد على تهيئة وتجهيز علماء فلكيين وإعدادهم للاكتشافات السريعة التي تلت هذا الاكتشاف. وبالفعل فقد استطاع علماء الفلك باستخدام أدواتهم وأجهزتهم أن يكتشفوا نحو اثني عشر كوكباً ويحددوهم وذلك في فترة الخمسين عاماً الأولى من القرن التاسع عشر. إن تاريخ الفلك يمدنا بالكثير من الأمثلة على تفسيرات النموذج التي حدثت بعد الثورة العلمية. هل من قبيل المصادفة أن علماء الفلك الغربيين قد لاحظوا تغييراً في السموات الراسخة في نصف القرن الذي تلا ثورة كوبرنقوس العلمية الفلكية؟

إن الصينيين بمعتقداتهم الكونية لم يعارضوا هذه التغيرات السماوية. ولقد سجلوا مشاهدته واكتشافاتهم للعديد من النجوم الجديدة التي ظهرت في السماء وذلك في تاريخ مبكر. وكذلك فإن الصينيين ـ بدون الاستعانة بأي تلسكوب ـ قد تمكنوا من تحديد ظهور البقع الشمسية التي تظهر على الشمس من آن إلى آخر وذلك في فترة مبكرة جداً قبل اكتشاف جاليليو لهذه البقع الشمسية. ولم تكن البقع الشمسية ولا النجوم الجديدة هي فقط التغيرات السماوية المنبثقة عن جهود علماء الفلك الغربيين الذين جاءوا بعد كوبرنيقوس. إن استخدام الأدوات التقليدية البسيطة، والتي كان بعضها بسيطاً لدرجة أنه كان عبارة عن شريط من الخيط كان سمة ذلك العصر. وفي أواخر القرن السادس عشر أعاد علماء الفلك اكتشاف النجم المذنب ولقد شاهدوه وهو يتحرك في الفضاء بين الكواكب والنجوم الثابتة. إن الاكتشافات التي أعادها علماء الفلك بشكل جديد ومثير مستخدمين في ذلك نفس الأدوات القديمة التي استخدمت قبل ذلك، يجعلنا نقرر بأن علماء الفلك الذين عاشوا بعد كوبرنيكوس قد عاشوا في عالم مختلف تماماً.

إن هذه الأمثلة مختارة من علم الفلك لأن التقارير الناتجة عن الملاحظة

السماوية كانت ملاحظة صادقة نسبياً. وإننا ليحدونا الأمل أن نجد بين هذه التقارير أي توازن كامل بين ملاحظات علماء الفلك وبين التجارب التي تعرض لها علم النفس حين جعل الفرد موضوعاً لدراسته. علينا ألا نُصر على الموازنة الكاملة إذن حتى يمكن أن تتقدم إننا إذا اقتنعنا بلغة حياتنا الدارجة في استخدام الفعل «يرى»، فسوف نتذكر على الفور أن لدينا أمثلة أخرى للتحول في مجال الإدراك العلمي المصاحب لتغير النموذج. إن استخدام مصطلح «إدراك» و «رؤية» يتطلب المزيد من الإيضاح والدفاع. ولكن لنرى أولاً تطبيقاتهما في الممارسة.

ولندقق النظر في اثنين من الأمثلة التي نستمدها من تاريخ الكهرباء. ففي خلال القرن السابع عشر، عندما كانت تجرى الأبحاث والتجارب مستعينة بالنظريات المختلفة، فإن علماء الكهرباء لاحظوا ارتداد الشحنات الكهربية من الأجسام الكهربائية التي جذبتهم. على أية حال فإن هذا هو ما ذكر علماء القرن السابع عشر أنهم لاحظوه. أما العلماء المحدثون فإنهم قد لاحظوا نظرية التنافر الكهربائية ومن الناحية التاريخية فإن نظرية التنافر الكهربائي لم تعرف حتى ظهور جهاز العالم Hauksbee ففي أبحاثه العلمية نجد أن التنافر يصبح فجأة السبب الأساسي بل الجوهري للعملية الكهربائية. ولهذا كانت هذه النتائج على الرغم من أهميتها تحتاج للتفسير والشرح.

إن الظواهر الكهربائية المرئية في مطلع القرن الثامن عشر كانت هامة ومتنوعة عن تلك التي شاهدها وسجلها علماء القرن السابع عشر، ومرة ثانية بعد استيعاب نموذج Franklin فإن علماء الكهرباء ينظرون لملاحظات إناء ليدن على أنها تمثل شكلاً مختلفاً عما كان موجوداً من قبل. وقد ناقشت الكتابات المختلفة هذه الاكتشافات الجديدة وتناولت هذه الموضوعات ثم أخذت تدريجياً تكتسب صفة التصديق أو التسليم، ومنها تجربة اثنين من الشرائح المعدنية التي يوجد بينهما عازل. ولقد أصبحت هذه التجربة من الكليشيهات

الأولى في هذا المضمار.

إن التحولات من هذا النوع ليست وقفاً على الفلك والكهرباء. لقد لاحظنا بعضاً من التحولات البصرية المشابهة التي نستمدها من تاريخ الكيمياء. فالعالم لافوازييه شاهد الأوكسجين بينما شاهد بريستلي الفلوجستون وغيرهما لم يشاهدوا شيئاً على الإطلاق. وبعد أن عرف لافوازييه الأوكسجين غير وجهة نظره في العديد من المواد المعروفة. فلقد عرفه بريستلي ومعاصروه على أنه عنصر أولى للأرض. ولقد عرفه آخرون بشكل مختلف تماماً. وكنتيجة لاكتشاف الأوكسجين فإن لافوازييه قد رأى الطبيعة بشكل جديد لم يكن لها من قبل هذا الاكتشاف. إن المبادىء الاقتصادية ستشجعنا على القول بأنه «بعد اكتشاف الأوكسجين فقد عمل لافوازييه في عالم مختلف».

وعندما نحاول تجنب مواطن الغموض والإبهام فإننا نرجع للأجزاء المعروفة بوضوح من عمل جاليليو لأن معظم القدماء كانوا قد شاهدوا واحداً من الأجسام الثقيلة يتأرجح للإمام والخلف وهو معلق في سلك أو سلسلة ويظل على هذه الحركة المتعاقبة للإمام ثم للخلف وبالعكس، ثم تأخذ حركته في البطء حتى يسكن تماماً. أما بالنسبة للأرسطوطاليين فإنهم يؤمنون بأن الجسم الثقيل يتحرك بطبيعته من الأماكن المرتفعة إلى المناطق المنخفضة. فالجسم المعلق كان يسقط بصعوبة ولتقيده بالسلسلة فإنه يمكنه أن يحقق راحته في المنطقة المنخفضة، فقط يحدث ذلك بعد حركة متعرجة أو ملتوية وفي وقت معين. وعلى النقيض من ذلك نجد أن جاليليو ينظر للجسم المعلق كما ينظر لبندول الساعة، ولجاليليو نظرة معينة في مكونات هذا البندول تلك المكونات التي تحقق له حركته وديناميكيته. ومن تلك المكونات الزوايا الصوتية التي تعتمد على وزن ومعدل السقوط تماماً كما تعتمد على العلاقة بين الارتفاع العمودي والسرعة النهائية الخاصة بالحركة تحت المستويات السائلة. إن كل هذه الظواهر الطبيعية قد رآها جاليليو بشكل مختلف تماماً عما رآها الآخرون من

قبل مع ملاحظة أن الظواهر نفسها واحدة لم تتغير .

ولكن لماذا حدث ذلك التحول البصري؟ . لعل ذلك يرجع لعبقرية جاليليو الذاتية كفرد . ولكن يجب ملاحظة أن العبقرية بمفردها ليست وحدها دليلاً كافياً على دقة الملاحظة وصدقها في نظرية الأجسام المعلقة . وعندما قرر جاليليو أن دورة البندول تعتمد على المسافة التي يتحركها البندول في الدورة الواحدة وفقاً لسعة حركتها في البندول نفسه وقال أنها أكثر من ٩٠° درجة ، إن فكرته هذه عن البندول قد قادته للاعتقاد بانتظام دورة البندول بشكل أكثر انتظاماً مما اكتشفناه الآن . ولقد ظهر هذا بوضوح في نموذج التحول في العصر الوسيط. وعلى النقيض فإنه أراد أن يحلل الحركة من خلال نظرية القوة الدافعة والكمية الحركية ، وفي نموذج العصر الوسيط نجد أن الحركة المستمرة في الجسم الثقيل ترجع إلى القوة الداخلية الموجودة في داخله . وجدير بالذكر أن العالمين Jean Buridan و Nicole Oresme وهما باحثان من القرن الرابع عشر كانا هما أول من وضع نظرية القوة الدافعة والكمية الحركية في شكلها المتكامل . وكانا كذلك أول من اكتشف الحركة التي تسير في مدار دائري . ولقد وصف Jean Burdian الحركة الاهتزازية كواحدة من القوى الدافعة الحركية . وفي أواخر القرن جاء العالم Nicole Oresme ووضع تحليلاً مشابهاً لفكرة Jean Burdian حينما ناقش فكرة الحجارة المعلقة والتي ظهرت لدينا الآن كأول مناقشة لفكرة البندول . ولعل وجهة نظره تتفق مع الآراء التي عرضها وتوصل إلى نتائجها جاليليو بعد ذلك في البندول . على أقل تقدير ففي حالة Oresme وكذلك جاليليو بالمثل فالفكرة تستمد إمكانيتها من الانتقال من أصلها الأرسطي وحتى النموذج المدرسي للقوة الدافعة والكمية الحركية . وقبل ظهور هذا لم يكن ثمة وجود لشيء يعرف بالبندول ، ولكن الأحجار المعلقة فقط هي التي كانت معروفة آنذاك للعلماء . إن البندول أوجد وأحدث تحولاً كبيراً في نموذج التحول الجشطلتي .

على أية حال هل نحن في حاجة إلى وصف الفروق التي تفصل بين جاليليو وأرسطو، أو بين لافوازييه وبريستلي على أساس أن هذه الفروق تعتبر تحولات خطيرة في وجهات النظر فهل هذا صحيح؟ ونتساءل أيضاً هل رأى هؤلاء العلماء أشياء مختلفة عندما نظروا في نفس الموضوع الواحد؟ هل يوجد هناك أي إحساس منطقي يمكننا أن نعزي إليه اتباعهم إياه في أبحاثهم في العوالم المختلفة؟ إن هذه الأسئلة لم ترجأ طويلاً ولم تزل مطروحة دون إجابات، لأنه يوجد جلياً أمامنا أكثر من تفسير يصنف لنا العديد من الأمثلة التاريخية التي تناولت هذه الأسئلة المطروحة بالوصف والتحليل. ولعل كثيراً من القراء سيتساءلون عن التغيرات التي طرأت على النموذج وسيعتبرون هذه التغيرات على أنها التفسير والبرهان العلمي الوحيد للملاحظات والمشاهدات التي حددوها بأنفسهم عن طريق طبيعة البيئة وطبيعة الأدوات الحسية. وفي هذه النقطة فإننا نجد أن كلاً من لافوازييه وبريستلي قد رأى الأوكسجين ولكنهما فسرا مشاهدتهما بطريقة مختلفة اختلف فيها كل منهما عن الآخر. كذلك فإن كلاً من أرسطو وجاليليو قد شاهد البندول ولكنهما أيضاً على الرغم من وحدة المشاهدة فإنهما قدما تفسيرين مختلفين.

ودعنا نذكر أن مثل هذه الأمور دائماً تحدث عندما يغير العلماء آرائهم تجاه العديد من الموضوعات الجوهرية ولا نعتبر ذلك خطأ أو عيباً يؤخذ عليهم. وكذلك أدخل ديكارت تغيراً جوهرياً على النموذج الفلسفي لا يمكن إغفاله مما نتج عنه تطور كبير مشابه تماماً للتطور الذي أحدثته قوانين الديناميكا عند العالم «إسحق نيوتن». هذا النموذج المتطور خدم كلاً من العلم والفلسفة على حد سواء. ولقد ساعدت الديناميكا نفسها على فهم العديد من الأمور التي لم يستطع فهمها بطريقة أخرى غير الديناميكا. إن الأبحاث الحديثة التي تجري اليوم في الفلسفة وعلم النفس واللغويات وفي تاريخ الفن وغيرهما من الأبحاث، كلها تتجمع وتتقارب لتتفق في اقتراح مؤداه أن النموذج التقليدي

على أية حال لم يعد منتظماً كما كان بل طرأ عليه الشيء الكثير من التغيرات. ولعل نفس الشيء يمكن قوله على الدراسات التاريخية التي تناولت كل فروع العلم والتي أثبتت في النهاية أن النموذج التقليدي لكل فرع من فروع العلم والمعرفة قد طرأت عليه تغيرات جوهرية بعد الثورة العلمية، ولا سيما تلك التي طرأت على النموذج التقليدي لنظريات المعرفة. وإنني على علم تام بالصعوبات التي طفت على السطح نتيجة للقول أو التسليم بأن أرسطو وجاليليو قد نظرا كلاهما للأحجار المعلقة، الأول (أرسطو) رأى حتمية سقوط الأحجار، والثاني (جاليليو) رأى فيها البندول. كذلك توجد صعوبات في تناول تلك الآراء التي تنادي: بأنه على الرغم من أن العالم لا يتغير مع تغير النموذج، إلا أن رجل العلم بعد هذه التغيرات يعمل في عالم مختلف. وعلى الرغم من أنني مقتنع تماماً بأننا يجب علينا أن نتعلم من الوقائع العلمية فإن ما حدث خلال الثورة العلمية لا يمكن خضوعه لإعادة التفسير وفقاً لوجهات النظر الفردية والمعلومات الثابتة. فمن جهة نجد أن المعطيات ليست لها صفة الثبات الدائم أو الواضح. إن البندول ليس قطعة من الحجارة الساقطة، وكذلك الأوكسجين ليس عبارة عن «فلوجستون». إن المعطيات التي جمعها وحصرها العلماء من كل هذه الموضوعات المتنوعة تعتبر مختلفة باختلافهم هم أنفسهم. والأهم من ذلك أننا نرى، سواء على مستوى الفرد أو المجتمع، أن الانتقال من النموذج التقليدي إلى النموذج الجديد، سواء الانتقال من الحجارة الساقطة إلى البندول أو الانتقال من الفلوجستون إلى الأوكسجين، فإن هذا النموذج المتغير نفسه قد تعرض لتفسيرات مختلفة بعد ذلك. كذلك كيف يمكن أن يحدث هذا في غياب معطيات مثبتة يمكن للعالم أن يفسرها؟. وتحضرنا هنا المقولة المختصرة التي مثلت هذا الوضع: إن العالم الذي يقبل النموذج الجديد مثله مثل الرجل الذي يضع على عينيه عدسات عاكسة. فالعالم هنا يقبل نفس

الموضوعات السابقة التي كان يعرفها، يقبلها بكل جزئياتها ولكنه يقبل أن يراها بشكل جديد مغاير تماماً لما كان يألفه في تفاصيلها.

إنه لا توجد أية علامات واضحة تشير إلى أن العلماء لم يفسروا هذه الملاحظات (المشاهدات) في ضوء ما لديهم من معطيات ثابتة. ولهذا فمن المتوقع أن العلماء كانوا يطابقون مشاهدتهم على ما لديهم من معلومات ثابتة ولكنهم كانوا في النهاية يسلمون بمشاهدتهم الذاتية حتى ولو اختلفت مع ما لديهم من معطيات، ولعل ذلك هو الذي أدى للتغير في النموذج التقليدي وظهور النموذج الجديد. ولهذا على الرغم من وجود معطيات سابقة مألوفة لدى جاليليو (المعطيات التي قال بها أرسطو) إلا أن جاليليو اعتمد اعتماداً كلياً على مشاهداته وملاحظاته الخاصة ولم يتقيد بالمعطيات الأرسطية الراسخة بل ضرب بها عرض الحائط، وكان من نتيجة ذلك تغير النموذج واكتشافه للبندول. فلو أن جاليليو قارن بين مشاهداته الذاتية والمعطيات الأرسطية الراسخة، ثم رفض مشاهداته أو حاول تطويعها للمعطيات الأرسطية ما كان ليكتشف البندول وما كان النموذج ليتغير ولظل العلم يحيا في استمرارية فترة ما قبل عصر الثورة العلمية. وكذلك كان جميع العلماء الذين غيروا النماذج، كانوا جميعاً من ذلك الطراز الذي يقبل أن يضع على عينيه عدسات عاكسة ليرى الموضوعات بعين النقيض عما كان يراها من قبل، ومن هنا كانت مشاهدات Musschenbroek للزجاجة المملوءة بالشحنات (الزجاجة المشحونة) وكذلك مشاهدات فرانكلين للمكثف. لقد كانت هذه التفسيرات جزءاً من العلم السوي تهدف لتهذيب النماذج الموجودة. وفي الفصل الثالث يوجد العديد من الأمثلة التي لعبت فيها التفسيرات والبرهنة دوراً كبيراً في إعادة تشكيل النماذج التقليدية. ولقد مثلت هذه الأمثلة تحطيم الغالبية العظمى من الأبحاث القديمة التي شكلت النموذج التقليدي. وفي كل منها نجد أن

العالم لا يهتم فقط بمعرفة المعطية، بل أيضاً يحاول أن يعرف الجهاز أو الأداة التي استخدمت للحصول عليها وإثباتها وكذلك حيثيات تفسيرها أو مقدمات البراهين الخاصة بها. ولعل هذا الأمر من إعطاء النموذج وتفسير وبرهنة المعطيات كان هو العامل الأساسي في تفجير هذه التغيرات التي شهدتها النماذج. ولعل تلك المهمة الشاقة كانت تهدف إلى تفصيل النموذج وتحليل عناصره ولا تهدف إلى تصحيحه، لأن النماذج غير قابلة للتصحيح عن طريق العلم السوي مطلقاً. وكما نرى فإن العلم السوي يقود إلى التغير. ولا يتم ذلك عن طريق المناقشات والمشاورات والتفسيرات ولكن عن طريق الحدث المفاجىء نسبياً وهو حدث غير مركب يحدث كلمح البصر. إن العلماء حينذاك يتحدثون عن «مجالات السقوط من العين» أو عن «الوميض اللامع» ذلك الوميض الذي يؤدي إلى زوال الحيرة (أو الغموض) التي كانت موجودة من قبل، لتتضح للعين رؤية جديدة يتمكنون من رؤية عناصرها ومكوناتها في ضوء رؤية جديدة تسمح لأول مرة بظهور ووضوح الحلول لكل المعضلات التي كانت موجودة من قبل بلا حلول. وفي مناسبات أخرى نجد أن الإشراق الملائم يأتي أثناء النوم. لا يوجد إحساس عادي يتناسب مع الومضات الحدسية التي تولد النموذج الجديد. إن مجموعة الخبرات التي تفسر النماذج الجديدة هي في حد ذاتها مختلفة ومتنوعة ولكنها في النهاية مرتبطة بالنموذج الجديد.

ولكي نعرف ونكتسب معرفة أكثر عن الخبرات المختلفة أو بالأحرى الاختلاف في الخبرات فيجدر بنا أن نعود إلى أرسطو وجاليليو وفكرة البندول. ولنتساءل عن ماهية المعطيات التي تفاعلت مع نماذجها المختلفة وبيئتها الشائعة. فنرى أن فكرة السقوط عند أرسطو سوف تقيس وتقدر وزن قطعة الحجارة حتى تحقق راحتها وسكونها. إن مقاومة الوسط تتصل بمثل هذه التقسيمات التي وظفها العلم الأرسطي

عندما تناول فكرة سقوط الأجسام. على أية حال فإن البحث السوي في هذه النقاط الرئيسية لم يكن ليوصلنا لما أدت إليه الاكتشافات التي حققها جاليليو. ذلك لأن الأخير لم يتبع المنهج الأرسطي في البحث وإنما اعتمد على تجاهل هذا النموذج التقليدي واستمد بحثه من مشاهداته الخاصة. ولهذا فقد رأى جاليليو الأجسام المعلقة بوجهة نظر جديدة لم يرها أرسطو من قبله على الرغم من رؤيته لنفس هذه الأجسام المعلقة. إن قانون الطفو عند أرشميدس Archimedes جعل الوسط ليس ضرورياً؛ أن نظرية القوة الدافعة والكمية الحركية ترجع للحركة السيميترية وقوة التحمل. ولقد وجهت الأفلاطونية الجديدة اهتمام جاليليو بشكل الحركة الدائرية. ولهذا فقد قام بتحديد الوزن والقطر ومقدار الإزاحة الزاوية، تلك هي المعلومات التي أفرزت قوانين جاليليو الخاصة بالبندول. وعندما امتحنت نماذج جاليليو وجدنا فكرته عن البندول مقبولة وبذلك تبدلت النماذج الأرسطية لتحل محلها النماذج الخاصة بجاليليو. وطبقاً لاكتشاف جاليليو فقد وجدنا أن دورة الذبذبة في البندول مستقلة معتمدة على الثقل في طرف البندول.

إن الاكتشاف الذي استمده العلم السوي من قوانين جاليليو تم استئصاله ولهذا فإننا نجد أنفسنا اليوم غير قادرين على تدوينه. إن الانتظام المنعدم وغير الموجود عند أرسطو (وفي الحقيقة أن ذلك لم يظهر من قبل) كان أكثر توافقاً لخبرة واحد مثل جاليليو الذي رأى الحجارة المعلقة بمنظور جديد لم يتوصل إليه أرسطو. إن فكرة الأجسام المعلقة ذكرها الأرسطيون ودونوها في وثائقهم دون أن يناقشوها فقد أخذت كإحدى المسلمات التي لا تقبل الجدل، ولهذا جاءت هذه الفكرة في نموذجهم كظاهرة معقدة شاذة. ولكن الأرسطيون قاموا بمناقشة أمور أكثر بساطة من ذلك من فكرة سقوط قطعة الحجارة، وبالنسبة لأرسطو فإن ظهور ووضوح مقاييس الحركة كان يعتبر المسافة الكلية المغطاة والوقت المنصرم، وتلك هي العوامل التي

أفرزت ما يمكن أن نسميه الآن متوسط السرعة وليس السرعة نفسها . وبالمثل لأن قطعة الحجارة مجهزة ومعدة بطبيعتها لكي تصل إلى نقطة نهايتها . فإن أرسطو قد رأى بوضوح المسافة المقاسة من خلال الحركة على أنها المسافة المفترضة للوصول لنقطة النهاية . ولقد شكلت هذه العوامل مجموعة ما عرف لدينا باسم «قوانين الحركة عند أرسطو» . على أية حال فمن خلال عوامل القوى الدافعة والكمية الحركية من ناحية ، ومن خلال تشكيلات خطوط العرض من ناحية أخرى فإن النظرية البحثية قد تغيرت وغيرت معها الآراء التي أعطاها أرسطو في الحركة . إن قطعة الحجارة تحركت عن طريق اكتسابها لقوة دافعة وكمية حركية أكثر فأكثر ، بينما هي تمضي عائدة من نقطة البداية التي انطلقت منها . بالإضافة إلى ذلك فإن فكرة أرسطو ووجهة نظره في السرعة قد تمت مهاجمتها وانتقاده في الفترة التي تلت عصر جاليليو ولقد سميت في عصرنا باسم متوسط السرعة والسرعة الذاتية . ولهذا يمكننا أن نضيف أيضاً أن جاليليو لم يكن أول من قال إن الأحجار تسقط بحركة سريعة منتظمة . وعلاوة على ذلك فإنه قد تطور وطور نظريته في هذا الموضوع مستخدماً العديد من المشاهدات التي سبقت تجربته الذاتية وقبل أن يجربها بمستوى مائل . ولقد كانت نتيجة ذلك ظهور نموذج في العالم متصل بالطبيعة من ناحية ، وبالنماذج التي أنشأها جاليليو ومعاصروه من ناحية أخرى . ولم يعرض جاليليو لنظريته فحسب ، بل إنه قدم تفسيراً لأسباب رفضه وانتقاده لأرسطو في فكرة الأجسام الساقطة . وهكذا بدأ جاليليو بالتخلص من سيطرة الفكر الأرسطي المعتمد على القياس العقيم والمنطق اللفظي والتي كانت غايتها سيطرة الإنسان على غيره بالحجة والألفاظ. فكان الفرد يتمسك بمبادىء عامة ثم يقيس عليها ما يشاهده ويلاحظه ، فعندما يقول أرسطو إن الأرض ثابتة كان على العلماء والناس أن يأخذوا هذه القضية كأمر مسلم به غير قابل للجدال أو النقاش ثم يفسرون في ضوئه كل ما يلاحظونه من أشياء

في الطبيعة. أما جاليليو فقد اعتمد على الملاحظة الموضوعية، وآمن بالتجربة على أساس أنها الطريقة الموثوق بها والموصلة إلى أكثر النتائج ضماناً من ناحيّة الصدق. وعلى هذا فقد كان منهج جاليليو معتمداً على التجربة والاستقراء وكان لهذه الطريقة التجريبية أو الاستقرائية شروط منها: **توافر أدوات التجريب، وأماكن مناسبة مثل المعامل وأماكن الرصد،** مع التركيز على وجود مستوى عالٍ من الملاحظة الفاحصة الدقيقة، وصياغة الفروض واختبار صحتها للوصول إلى القوانين العلمية. وعلى الرغم من الاكتشافات الهائلة التي قدمها جاليليو في هذا المضمار إلا أنه كان بحاجة إلى قانون عام يفسر حركة الأجسام في النظام الكوني ولعل ذلك ما حققه بعد ذلك العالم الإنجليزي «نيوتن».

وعندما نتحدث عن المعطيات الخام والتجارب التي توصلت إليها الأبحاث العلمية، فإنه يتوجب علينا مناقشة الإجراءات التي يتخذها العالم في معمله، وكذلك التحليل الذي يعطيه لنا من خلال هذه التجارب الموضوعية، وأيضاً مناقشة انطباعاته التي يبديها بعد المشاهدة والملاحظة الدقيقة. ولكن يحضرنا هنا سؤال هام ألا وهو: هل التجربة الحسية ثابتة ومحايدة؟ وهل النظريات التي وضعها الإنسان تعتبر فعلاً تفسيرات للمعلومات المعطاة؟ إن الإجابة التي فضلها فلاسفة الغرب لمدة ثلاثة قرون كانت «نعم» ويرجع ذلك لغياب البديل، فلم يكن أمامهم خيار غير ذلك. غير أننا نجد أن استحالة فصل هذه النظريات وتحديد وظائفها وكذلك فإن جميع المحاولات التي اتخذت في هذا الشأن من خلال إنتاج لغة محايدة للمشاهدات الحسية ذهبت جميعها أدراج الرياح. إن العمليات والإجراءات التي اتخذها العلماء في المعمل لم تكن نتاجاً للتجربة الحسية بل كانت نتاجاً لمجموع ماأمكنهم جمعه وحصره بصعوبة من المعطيات. إنها لم تكن مشاهدات العالم نفسه ولهذا لم تتغير النماذج في هذه المرحلة

ولكن عندما اعتمد البحث على المشاهدة الدقيقة والتجارب الموضوعية ظهر النموذج الجديد. ولهذا فقد أعلن ديكارت في مؤلفه «مقال عن المنهج» إن واجب العلماء أن يبدءوا البحث بتشككهم في العقائد والنماذج التقليدية وحذرهم من التعصب الشخصي والأفكار القبلية أي التي تسبق الملاحظة والتجربة، وحذرهم من عدم تكوين الآراء إلا بعد الحصول على الحقائق التي تثبت صحتها. وهكذا كانت هناك ضرورة ملحة لدى العلماء للاعتماد على الملاحظة الموضوعية والتجريب لفهم الطبيعة وكشف خواصها. وبهذا المنهج بدأ العلماء يوجهون عنايتهم إلى السيطرة على الطبيعة، وتوجيه قواها لخدمة الإنسان، ولجعل العلم مواكباً ومنيراً لحياة الإنسان. وبفضل هذا المنهج العلمي الجديد ظهرت الأدوات العلمية مثل التلسكوب والبارومتر والميكروسكوب والمضخة الهوائية والبندول والترمومتر والكرونومتر والمزولة ومقياس سرعة الريح وغيرها. وهكذا بدأت آفاق العلوم ومفاهيم العلم تتغير وظهرت حياة علمية جديدة للعالم الحديث في ميادين عديدة جعلت العالم الذي تقبلها بعد معرفته للنماذج القديمة يبدو وكأنه قد وضع على عينيه عدسات عاكسة. فبعد أن ظل العالم قرابة عشرة قرون، أو يزيد، مؤمناً بنظرية بطلميوس الفلكية التي قالت بثبات الأرض ودوران الشمس وبقية الأجرام السماوية حولها، ولكن عندما تجمعت مجموعة كبيرة من الوقائع الفلكية وظهرت الأدوات الفلكية الجديدة التي اتصفت بالدقة، وعندما تقدم علم الرياضة ثبت أن البط إنما هو أرنب، أي ثبت خطأ نظرية بطلميوس، التي ظلت قروناً لا يرقى إليها الشك، وجاء كوبرنيقوس ليثبت أن الشمس هي مركز الكون وأن الأرض وبقية الكواكب هي التي تدور حولها. ثم جاء جاليليو ليحي نظرية كوبرنيقوس وكشف حقائق كثيرة ظهرت صحتها بعد ابتكاره للمنظار المكبر واستخدامه في رصد الكواكب فحقق بذلك آراء كوبرنيقوس، وهكذا كان منهج جاليليو هو التجريب الموضوعي

وكان اعتماده أساساً على الملاحظة الدقيقة.

وتحت هذه الظروف يمكننا أن نتوقع أن العلماء كانوا صادقين في المبدأ تماماً مثلما صدقت ممارستهم التجريبية عندما تناولوا الأوكسجين والبندول (وكذلك في تناولهم للذرة والإلكترونات بعد ذلك) على أساس أنها مكونات جوهرية، أو بالأحرى تتشكل من مفردات أساسية مستمدة من تجربتهم الشخصية وملاحظاتهم الموضوعية. وهكذا تغير وجه العالم وظهرت اكتشافات المعادن الخام وتطورت الثقافة والمعارف وظهر المجتمع العلمي.

إن ذلك يبدو أكثر معقولية إذا ما تذكرنا مرة ثانية أن لا العلماء ولا غير العلماء تعلم أن يرى العالم (الكون) على دفعات، أي أنهم لم يروا العالم (الكون) من حيث مفرداته وجزئياته بل شاهدوه دفعة واحدة دون أن يجتهدوا في تفصيلاته. إن الطفل الذي يحول لفظة «ماما» من معنى خاص بالإنسان إلى كل ما هو مؤنث ثم إلى أمه، إنه لا يتعلم معنى لفظة «ماما» أو كنه أمه وماهيتها. لقد فهم فقط اللفظ ولكنه لم يتعلم مفردات ماهيته ومدلوله. وبالمثل قد يتعلمْ الطفل بعض الفوارق بين المذكر والمؤنث. ولكن المهم هنا أن علمه يكتسبه من سلوك الآخرين نحوه، أي عن طريق التجربة، ولهذا تتغير مفاهيمه عن العالم تبعاً لتغير تجربته. وبالمثل فإن كوبرنيقوس الذي أنكر اللفظ التقليدي «كوكب» بالنسبة للشمس، لم يكن يعرف معنى أو ماهية «كوكب»، كذلك لم يكن يعلم ماهية الشمس. غير أنه عندما استخدم التجربة العلمية الموضوعية استطاع أن يعلم ماهية الأشياء ويفرق بين الكواكب واكتشف أن الشمس هي المركز بدلاً من الأرض. تماماً مثل اكتشاف الأوكسجين بدلاً من الفلوجستون، والمكثف بدلاً من إناء ليدن، والبندول بدلاً من سقوط الأجسام. لقد كانت هذه إحدى الآراء العلمية السديدة، وحدث مثلها في كل مجالات العلم في الكهربية، وفي الكيميائية وفي الظواهر الديناميكية. إن النماذج تحدد مجالات واسعة من الخبرة في نفس الوقت.

فبعد الثورة العلمية فإن العديد من الإجراءات والأدوات القديمة أصبحت غير صالحة، وحلت محلها إجراءات وأجهزة أخرى. ولكننا نؤكد أن العلماء بعد الثورة العلمية، على الرغم من حياتهم في نفس الكون إلا أنهم كانوا يلاحظون ويشاهدون أشياء جديدة تجعلهم يعتقدون أنهم يعيشون في عالم مختلف عن العالم السابق الذي سبق الثورة العلمية. فقد تغيرت أجهزته وتبدلت معامله بل وتغيرت لغته العلمية، وأصبح يعيش في ظل ألفاظ علمية مواكبة للثورة لم تكن موجودة من قبل بطبيعة الحال. وكنتيجة لذلك فإن العلم الثوري تطلب تغير النماذج القديمة، ولكن يجب أن نذكر أيضاً أنه في بداية الثورة العلمية استخدمت نفس الأدوات والأجهزة التي كانت مستخدمة من قبل، بل ونفس المعامل ونفس الألفاظ ومرحلة تطور هذه الأشياء كانت بعد فترة من الثورة العلمية. وبفحص أعمال دالتون ومعاصريه فإننا سنكتشف أن العملية الواحدة إذا تناولنا طبيعتها من خلال نماذج مختلفة، فيمكن أن تصبح هي نفسها فهرساً للجوانب المتعددة المختلفة في نظام الطبيعة الخاصة بها. ونلحظ أيضاً أن المعالجات القديمة في شكلها الجديد ستعطينا في النهاية نتائج مختلفة.

وخلال القرن الثامن عشر والفترة المبكرة من القرن التاسع عشر، فإن الكيميائيين الأوربيين كانوا يعتقدون أن الذرات الدقيقة التي تشكل في مجملها المكونات الكيميائية ترتبط ببعضها عن طريق الجاذبية المتبادلة بين هذه الجزئيات. وبهذه الطريقة فإن كتلة الفضة تتماسك مع بعضها البعض بواسطة قوة الجاذبية الموجودة بين الذرات الداخلة في تركيبها. ولقد ظلت هذه الفكرة سائدة حتى بعد لافوازييه. وفي نفس هذه النظرية فإن الفضة تذوب في الحامض كما يذاب الملح في الماء وهذا يرجع إلى أن جزئيات الحامض تجذب جزئيات الفضة، تماماً كما تجذب جزئيات الماء جزئيات الملح. ووفقاً لهذه النظرية فإن الجزئيات الأقوى تجذب

الجزئيات الأقل منها في القوة. كما أن النحاس يذوب في محلول الفضة، والسبب يرجع لتأثير وجاذبية حمض النحاس لأنه أقوى من جاذبية حمض الفضة. ولقد نوقشت العديد من الظواهر بنفس هذه الطريقة. ولقد كانت نظرية التجاذب هذه إحدى النماذج الكيميائية التي انتشرت في خلال القرن الثامن عشر.

ومن النماذج الجديدة في هذا القرن نموذج وضعه الكيميائي دالتون والغريب أن هذا الرجل لم يكن في الأصل كيميائياً ولم يكن مهتماً بالعمليات الكيميائية، ولكنه بدأ البحث في المشكلات الفيزيائية لامتصاص الماء للغازات، وكان مهتماً أيضاً بمشكلات الغلاف الجوي للماء. ولأن اهتماماته قد تعددت وشملت مجالات مختلفة لذلك، فقد قدم حلولاً لهذه المشكلات تمثلت في نماذج جديدة اختلفت عن النماذج التي قدمها معاصروه من الكيميائيين. فلقد اعتبر مسألة امتصاص الماء للغازات مسألة فيزيائية ولكنه لم يعتبرها واحدة من قوى الجاذبية (فجزئيات الماء أقوى من جزئيات الغازات لهذا فإنها تمتصها) لأنه رفض هذه النظرية أساساً. إن نتائج دالتون هوجمت عندما أعلنها لأول مرة: فكان العالم بيرتولوت Berthollet غير مقتنع تماماً بما ذكره دالتون، ولكن السواد الأعظم من معاصريه من الكيميائيين اقتنعوا بنماذجه الجديدة، ولا سيما النموذج الخاص بالفصل والتمييز بين المخلوط والمركب. تلك الفكرة التي تبناها وحققها بعد ذلك بروست Proust وعندما صاغها وجدنا أن العلاقة عنده بين الممتزجات (المخلوطات) و لمركبات شديدة القرابة والارتباط بنماذج دالتون. ولكنه من العسير علينا أن نطابق ما بين الطبيعة والنموذج. ولهذا السبب فإن معضلات العلم السوي تشكل تحدياً عظيماً في هذا الصدد. كذلك فإن الإجراءات التي اتخذت لتغيير النموذج، نادراً ما كانت تقودنا إلى نتائج نهائية. إن الكيميائيين لم يستطيعوا تقبل نظرية دالتون، غير أن المعطيات نفسها قد تغيرت وهذا هو الأهم، وتلك هي آخر النقاط التي نود أن نقررها، فبعد الثورة العلمية عمل العلماء في عالم مختلف.

الفصل الحادي عشر

أضواء على الجوانب الخفيّة في الثورة العلميّة

يتوجب علينا أن نتساءل عن كيفية انتهاء الثورات العلمية. ولكن قبل ذلك، لنا محاولة أخيرة لتدعيم الإيمان بوجود مثل هذه الثورات، وكذا للتعريف بطبيعتها. ولقد حاولت مراراً أن أشرح هذه الثورات بوضوح، ولذا كانت الأمثلة التي عرضتها متعددة ومتنوعة لتخدم هذا الغرض. ولكن من الواضح أن معظم هذه الأمثلة التي تعرضت لها، والتي تعتبر مألوفة وعادية للكثيرين، فكلنا يعلم نظريات جاليليو واكتشافات لافوازييه وغيرهما، فهي أمثلة مألوفة ولهذا فلم تؤخذ على أساس ثورات، ولكن الكثيرين اعتبروها مجرد إضافات جديدة للمعرفة العلمية فحسب. ولعل وجهة النظر هذه هي الاتجاه الطبيعي لأي إضافات جديدة في أي مجال. ولعل ذلك يرجع لوجود العديد من الجوانب الخفية غير المنظورة في الثورات. وإنني أفترض وجود العديد من الأسباب الوجيهة التي تسببت في حجب هذه الجوانب. إن كلاً من العلماء والأناس العاديين يستمدون كثيراً من تصوراتهم العلمية من المصادر الرسمية. وفقط عندما تكون طبيعة هذه المصادر معروفة ومحللة، فإن الفرد يأمل في خلق نموذج تاريخي مفعم بالتأثيرات. وعلاوة على ذلك فعلى الرغم من أن هذه النقطة قد عرضت في فصل سابق، إلا أننا نحتاج الآن لتحليلها لكي نشير بوضوح إلى واحدة من الجوانب العلمية حتى يتيسر لنا أن نميزها بوضوح عن بقية الجوانب الأخرى.

أما المصدر الرسمي فله في عقلي مراجع علمية تحتوي على أعمال فلسفية عميقة وأخرى بسيطة في متناول الناس، وتتمثل مصادر الثورة العلمية في هذه المجموعة من المراجع. إن الأقسام الثلاثة حتى الآن ليست لها مصادر مميزة وواضحة بالنسبة للمعطيات العلمية التي وردت بها. وتحتوي هذه المراجع على الموضوعات المفصلة للمشكلات، وكذا على المعطيات وتشتمل كذلك على النظرية التي غالباً ما تشكل تلك النماذج التي كانت هي المستودع الذي حفظ فيه المجتمع العلمي المعطيات الجديدة. كذلك نلحظ أن هذه المراجع تهدف إلى ربط المفردات والعبارات اللغوية باللغة العلمية المعاصرة لهم. أما الكتب الشعبية، فقد حاولت وصف هذه الطبيعيات في لغة شبيهة بلغة الحياة اليومية في ذلك الوقت. وفلسفة العلم، ولا سيما تلك الموجودة في العالم الناطق باللغة الإنجليزية، قد حللت البناء المنطقي للمعرفة العلمية. إن جميع هذه السجلات الثلاثة كانت هي المحصلة الثابتة للثورات الماضية. ولعل ذلك يشرح الأسس الحقيقية للتقاليد العلمية السوية الجارية.

ولقد لاحظنا في الفصل الثاني أن الاعتماد المتزايد على هذه المراجع كان مصاحباً وملازماً لظهور أول نموذج في أي من المجالات العلمية. ومن الواضح كذلك أن المعرفة العلمية لغير العلماء ولأصحاب الحرف تستمد أساساً من هذه المراجع، ومن بعض النماذج الأدبية الأخرى التي انبثقت منها. على أية حال فإن تلك المراجع لكونها مركبات ناقلة لعلم أصول التدريس (البيداجوجي) من أجل دوام العلم السوي، لذا فيجب أن تعاد كتابتها ونسخها ككل، أو على أقل تقدير نقل النقاط الهامة التي تتعرض لمشكلة البناء اللغوي، وكذا مستويات التغير في العلم السوي. باختصار فهناك ضرورة ملحة لإعادة نسخ هذه المراجع ولا سيما بعد انتهاء عصر الثورة العلمية. فقط بهذا الأسلوب سيمكننا تدعيم الإيمان بوجود هذه

الثورات والمصادر التي انبثقت منها النتائج النهائية لها. في الواقع أن المراجع تحتوي على كم تاريخي هائل سواء الفصول الاستهلاكية التي تتضمن المقدمات وكذا إشارات للأبطال العظام في العصور المبكرة. فيصبح الكتاب العلمي كما لو كان سجلاً علمياً عتيقاً.

وهكذا نجد أن المراجع العلمية، وكذا العديد من المؤرخين العلميين القدامى، نجدهم يشيدون باكتشافات العلماء القدامى على أنها مساهمات علمية أدت إلى حلول مشاكل النماذج السابقة عليهم، ولا نلمح في هذه الكتابات أي إشارة تدل على أن هذه الاكتشافات العلمية لم تحل مشاكل النماذج القديمة بل إنها غيرتها نهائياً وأدت إلى ظهور نماذج جديدة مستمدة من تلك المعطيات العلمية الجديدة. ولهذا فإن المراجع العلمية القديمة وأعمال المؤرخين القدامى يجب أن تستأصل منها هذه الكمية التاريخية الهائلة التي تمس النظام العلمي السابق على المعرفة والمعطيات الجديدة والتي تصل من خلاله للمعطيات الجديدة على أنها حلول للنماذج القديمة، لأن ذلك مجانب للحقيقة أن كل الاكتشافات العلمية الجديدة كانت تمثل تحطيماً تاماً وإلغاءً نهائياً للنماذج القديمة، ولهذا لم نستطيع أن ننظر للاكتشافات العلمية الجديدة بمنظورها الصحيح كثورة، وإنما ظلت أمامنا ـ بهذا المفهوم ـ مجرد إضافات علمية ساعدت في حل بعض المشكلات التي كانت موجودة آنذاك. ولهذا فليس من العجب أن يعاد كتابة المراجع بعد الثورة العلمية.

والجدير بالذكر في هذا المجال حقيقة يجب أن نقرها هنا، إذا كان العلماء قد فضلوا إعادة كتابة نظام تطورهم العلمي من خلال ما اكتشفوه في هذا التطور بعد الثورة العلمية، فإنهم ـ للحقيقة ـ ليسوا الوحيدين الذين يسلكون هذا النهج، لأن الرغبة في إعادة كتابة التاريخ كانت وما زالت موجودة في كل مكان وعلى مستوى كل الفئات. ولكن العلماء كانوا أكثر تحمساً لهذا المشروع ولعل دواعيهم كانت قوية، أقوى من غيرهم بكثير، فمن ناحية كان

مبعث ذلك هو نتائج الأبحاث العلمية التي ظهر من خلالها أنها لم تعتمد على النصوص التاريخية القديمة، إن هذه النتائج ـ نتائج البحث العلمي الثوري ـ لم تعتمد على التاريخ الموروث لتطوره، بل على العكس من ذلك فإننا نجدها قد حطمته وقلبت عاليه أسفله. (ما كان يعتقد أنه بط ظهر أنه أرنب)، ومن ناحية أخرى أصبحت المعطيات العلمية القديمة السابقة على الثورة العلمية والمدونة في المراجع العلمية القديمة، أصبحت غير ذات جدوى بعد أن أثبتت النتائج الحديثة المواكبة للثورة العلمية عدم صلاحيتها، ولقد كان الباعث والدافع لكتابتها واستحواذها على هذا الكم الهائل من فصول هذه المراجع هو الاعتقاد ـ الذي ثبت خطؤه ـ بأن هذه المعطيات هي أصل النماذج المصححة في ضوء النتائج الجديدة. لكن نكرر مرة ثانية أن العلماء مؤمنون بأن نتائج الثورة العلمية أفرزت نماذج جديدة ولم تقم بحل مشكلات النماذج القديمة كما تفترض هذه المراجع هذا الزعم. إن مثل هذه التفاصيل التاريخية الواردة في المراجع من شأنها أن تسبب اضطراباً فضلاً عن سطحية معطياتها. فلماذا نذكر هذه التوافة التاريخية الهامشية؟ ولماذا نتجاهل النتائج العلمية المبهرة ومجهودات العلماء المثمرة التي ما زالت آثارها مستمرة وباقية؟ إن استهلاك الوقائع التاريخية عميق وربما راسخ متأصل في الأيدولوجية العلمية بما يحويه من تفصيلات. ولا أدل على ذلك من قول هوايتهد Whitehead عندما تحدث عن الروح غير التاريخية للمجتمع العلمي وذلك عندما كتب ليقول: «إن العلم الذي يتردد في نسيان مؤسسيه إنما هو علم مفقود»، غير أن «هوايتهد» لم يكن على حق بل كان مخطئاً. ذلك لأن العلم مثله مثل غيره من التخصصات دائماً في حاجة لأبطاله ودائماً يحفظ أسماءهم، فبدلاً من نسيان هؤلاء الأبطال فإن العلماء قادرون على نسيان أو تصحيح أعمالهم.

والنتيجة هي الميل والاتجاه لجعل تاريخ العلم يبدو تراكمياً، إنه ميل

لجعل العلماء ينظرون خلفهم لمراجعة أبحاثهم. فإذا أصبح تاريخ العلم مصنفاً في خطوط طولية أمكن الاستفادة منه ومراجعة بنوده.. فعلى سبيل المثال نجد أن التقارير الثلاثة المتضاربة التي عرضها دالتون عن تطور مذهبه الكيميائي توضح أنه كان مهتماً منذ بداية حياته العلمية بمثل هذه المشكلات الكيميائية التي تنسب إلى وحدة واحدة ونوع واحد، والتي استطاع أن يحلها في النهاية، وعن طريق ذلك اكتسب شهرته وذاع اسمه. ومن الواضح أن مثل هذه المشكلات التي تناولها دالتون قد توصل إلى حلولها قبل أن يتم أعماله، أي أنها كانت حلولاً سابقة على إتمام تجاربه وأبحاثه، إن أبحاث دالتون كلها كانت تأثيرات ثورية مطبقة على الكيميائية، ومنشأها في الأصل فيزيقي، لأن اهتمامات وتساؤلات دالتون بدأت بالفيزياء، ثم غير اتجاهه بعد ذلك إلى الكيمياء. هذا التغير هو الذي علم الكيميائيين وجعلهم يطرحون أسئلة جديدة على النتائج الجديدة من المعطيات القديمة.

وعاد «نيوتن» مرة ثانية ليكتب أن جاليليو اكتشف قوة الجاذبية التي تولد الحركة متناسبة مع مربع الزمن. فعندما تكلم جاليليو عن البندول استطاع أن يحسب مقدار حركة البندول وزمن الحركة والعوامل التي تتحكم في هذه الحركة وحسب الوقت الذي تستغرقه الدورة الزمنية للبندول. في الواقع أن كتاب «المبادىء» الذي ألفه نيوتن غزير بهذه المعلومات، ولقد ذهب «نيوتن» إلى أن الشمس لها قوة جاذبية هائلة تستطيع من خلالها أن تجذب الأرض وسائر الكواكب الأخرى نحوها. وبذلك تضطر للسير حولها في مسار معين ومنه جاءت حركة الأرض. ونيوتن بذلك فعل ما لم يفعله كوبرنيقوس وجاليليو فعلى الرغم من اكتشافاتهما العلمية العظيمة، إلا أنهما لم يتوصلا إطلاقاً إلى قانون يفسر حركة الأجسام في النظام الكوني. في الواقع أن النظرية العلمية الحركية التي وضعها جاليليو تبلورت في نظرية نيوتن الديناميكية. لكن نظرية جاليليو ومناقشاته لفكرة سقوط الأجسام كانت مبنية على أساس قوة الحركة أكثر من

كونها تمثل قوة الجاذبية الأرضية، ولهذا يعتبر صاحب نظرية الجاذبية الأرضية الحقة هو «إسحق نيوتن»، الذي وضح أن الأجسام تتعرض لجاذبية أرضية تجعلها تسقط إلى أسفل ولولا هذه الجاذبية الأرضية لظلت الأجسام ساكنة أو ربما كانت ترتفع إلى أعلى لو كانت الجاذبية عكسية آتية من السماء ولهذا بدأت اكتشافاته بالسؤال عن عدم ارتفاع الأجسام لأعلى بدلاً من سقوطها لأسفل. وبذلك تشكلت نماذج جديدة من مجموعة التغيرات التي تمت في تكوينات الأسئلة وإجاباتها والتي انتقلت عبر ملاحظة العلماء وتجاربهم، وهي تمثل التحول من «أرسطو» إلى «جاليليو»، ومن «جاليليو» إلى «نيوتن»، أو بالأحرى إلى الحركة الديناميكية عند «نيوتن». وعلى ذلك فإن المراجع تميل إلى جعل هذا التطور العلمي مجرد إضافة وليس تحولاً أي أنه حلقة في حلقات التطور العلمي. إن المراجع العلمية تتناول التجارب العلمية المختلفة والقوانين والنظريات العلمية الجارية للعلم السوي، تتناولها منفصلة أو متصلة حسب إمكانية المادة التي توفرت لكاتب المرجع دون النظر في هذه النظريات والقوانين، من أجل معالجة جادة تربط بينها وتؤلف نسيجاً نسقياً علمياً واحداً. ولهذا أعاد العلماء ترتيب هذه النظريات وخطوة وراء خطوة أضاف العلماء وقائع جديدة، وقوانين ونظريات لجسم المعلومات المعطاة في العلم المعاصر.

ولكن لم تكن في حقيقة الأمر هذه الطريقة هي السبيل الصحيح لتطور العلم. لأن العديد من المعضلات في العلم السوي المعاصر لم تكن موجودة حتى بعد الثورة العلمية. وبعضها كان قد أثير من قبل في البداية العلمية التاريخية. إن الأجيال الأولى تتبعت مشاكلها وحاولت أن تحلها بأدواتها الخاصة، غير أن هذه المشاكل نفسها قد تغيرت مع التغيرات التي أصبحت الثورة العلمية لتظهر مشاكل جديدة للمعلومات والنماذج الجديدة. وهذا دليل آخر على أن النماذج المواكبة للثورة العلمية لم تحل مشكلات النماذج

القديمة، إنما ظهرت هي أيضاً ولها مشكلاتها الخاصة بها.

كذلك فإن المراجع عندما عرضت للتطور العلمي كان يجب أن تناقش مفهوم التعريفات، ولاسيما تعريفات العناصر الأولية للعلوم، فعلى سبيل المثال نجد أن العالم روبرت بويل Robert Boyle من كيميائي القرن السابع عشر قد وضع تعريفاً للعنصر وثيق الصلة بذلك المستخدم اليوم. إن اكتشافات «بويل» تساعد المبتدئين ليكونوا على وعي وإدراك من أن علم الكيمياء لم يبدأ بعقاقير السلف، بالإضافة لذلك فإنه يذكر أن واحداً من المهام التقليدية للعلماء أن يبتكروا ويقدموا ما لم يكن معروفاً. ولذا فقد قدم «بويل» العديد من الاكتشافات، نذكر منها قانوناً ينص على أن حجم الغاز يتناسب تناسباً عكسياً مع الضغط. ولقد كانت أبحاثه مدهشة في تنوعها وشمولها إذ اشتملت على تجارب في صدأ المعادن، والبخر والتنفس. ومن الكتب التي نشرها خصص «بويل» كتابين يهاجم فيهما السحر والسحرة، وذكر أن علم الكيمياء بريء منهم، ودعا فيهما إلى التمسك بالطرق العلمية الصحيحة في علم الكيمياء. وعلى الرغم من الاكتشافات العظيمة التي قدمها «بويل» ولا سيما تعريفه للعنصر الكيميائي، والذي كان تعريفاً صحيحاً يتفق مع تعريفنا الحالي، إلا أن المراجع التاريخية قد ترجمت اكتشافات «بويل» ونقلت مساهماته بشكل خاطىء، هذا الخطأ في الواقع كان بسيطاً، ولكنه في النهاية قدم معلومات في عرض سيء، ولكن هذا الخطأ كان فادحاً من جانب آخر، حيث أنه جعل الانطباع العلمي يتبنى هذا الخطأ ويبني عليه انطباعات أخرى عن «الزمن» و «الطاقة» و«القوة»، وبالطبع كانت هذه الانطباعات خاطئة لأنها قامت على تصورات خاطئة، ومن هنا كانت فداحة المراجع التي نسبت إلى «بويل» دون درايته لاكتشافات وابتكارات لم تتم على الإطلاق. إن تعريفات «بويل» استمدت جذورها من أرسطو، ثم أثرت بعد ذلك على آراء «لافوازييه»، لقد غير كل من «بويل» و «لافوازييه» الأهمية الكيميائية للعنصر

الكيميائي ، ولكنهما أيضاً لم يبتكرا مفهوماً جديداً ، ولم يغيرا الرموز الوصفية للتراكيب اللفظية والتي تخدم علم الكيمياء بتعريفاتها المحددة . وكما نرى الآن ، حتى «أينشتين» نفسه لم يفعل ذلك ، كذلك فإن «أينشتين» لم يضع تعريفاً واضحاً لا لبس فيه «للوقت والمسافة» ليعطيهما معنى جديداً في محتويات كتابه .

ولكن ما هي إذن القيمة التاريخية «لبويل» في هذا الجانب من أعماله التي تشتمل على «التعريف» الشهير؟ إن «بويل» كان هو قائد الثورة العلمية بتعبيره لعلاقة «العنصر» ونقله للمعالجة الكيميائية ولمعالجة النظرية الكيميائية ، حيث أنه نقل المفهوم الكيميائي إلى نقطة جديدة تماماً عما كانت عليه من قبل ، ولقد قام «بويل» بتغيير الكيمياء والعالم الكيميائي ودفعهما إلى التقدم ولهذا فإنه يعتبر رائد علم الكيمياء الحديث دون منازع . ثم جاء لافوازييه ليقوم بثورات أخرى ويكسب الكيمياء الشكل الحديث الذي نعرفه ، وليحدد وظيفتها . لكن الفضل الأول في تقدم علم الكيمياء وتأسيس مراحله يعزي إلى «بويل» . ومن أكثر الجوانب العلمية كان الشكل «البيداجوجي» هو الذي حدد تصورنا لطبيعة العلم ولطبيعة الاكتشافات والاختراعات .

الفصل الثاني عشر

تحليل الثورة

إن المراجع التي ناقشناها ترجع كلها للفترة التي تلت عصر الثورة العلمية. ولقد كانت هذه المراجع هي الأساس للتقاليد الجديدة في العلم السوي. ولقد غابت عنا خطوة في الإجابة على السؤال الذي مس تركيب هذه المراجع. ما هي الطرق والوسائل التي حلت عن طريقها النماذج الجديدة محل النماذج السابقة؟ هل كانت هناك أية تفسيرات جديدة للطبيعة؟ ما هي الاكتشافات وما هي النظرية إن وضوح الرؤية في عقل فرد أو مجموعة من الأفراد ممن لديهم القدرة على تعلم رؤية العلم وتعلم رؤية العَالَمْ بطريقة مختلفة، ولديهم القدرة أيضاً على خلق التحول والتغير، إن هؤلاء لهم من القدرات ما هو غير متوفر لدى الكثيرين غيرهم من الناس أو الكثيرين ممن يهتمون بنفس علمهم. من الضروري أن اهتماماتهم كانت منصبة على المشاكل المثيرة التي نشأت بصورة مفاجأة؛ وبالإضافة إلى ذلك فإنهم كانوا مجموعة من الشباب حديثي السن وكانوا أصغر من أن يتصدوا لتمثل هذه المشكلات الكبيرة، غير أن الممارسة والتجربة قد علمتهم أكثر من معاصريهم ليتعرفوا على الوجه الجديد للعالم، وليتعرفوا على القواعد التي كانت تحكم النماذج القديمة. كيف واتتهم المقدرة؟ وما يجب عليهم أن يفعلوه لكي يغيروا اتجاه حياتهم ويروا العالم والعلم؟ ما هو السبب أو مجموعة الأسباب التي تدفع هذه المجموعة

من العلماء ليهجروا تقاليد البحث السوي لغيرها؟

الإجابة على هذه الأسئلة تحتاج منا أن نتذكر أنهم دون غيرهم كانت لديهم قدرة إعادة البناء، فالمؤرخ يمكنه أن يسد احتياجات الفلاسفة ويعطيهم ما يحتاجونه من معلومات عن الاختبارات والتحقيق أو التكذيب للنظريات العلمية القائمة. كذلك هم دائماً يهتمون بالعلم السوي، في نفس الوقت الذي يهتم فيه الباحث بحل المعضلات وليس باختبار أو تصحيح النماذج. فالنماذج كما ذكرنا لا يتم تصميمها ولكنها تتغير نهائياً. وأثناء التجارب والأبحاث من أجل حل إحدى المعضلات، فعلى الرغم من أن الباحث يحاول أن يقترب من الحلول، وأن يرفض الحلول التي فشلت من قبل في الوصول إلى النتائج المرجوة، إلا أنه لا يمتحن النموذج أبداً أثناء هذا الإجراء. إن مثله في ذلك مثل لاعب الشطرنج الذي يحاول أن يتحرك فجأة في اتجاهات مختلفة ليخرج من ورطته أو موقفه الحرج، مستخدماً في ذلك كل إمكانياته الفيزيقية والعقلية. إن مثل هذه المحاولات التي يقوم بها لاعب الشطرنج تشبه إلى حد كبير تلك التي يقوم بها العالم، وهي مجرد تجارب ومحاولات في حد ذاتها، وهي ليست من صميم قواعد اللعبة. إن هذه المحاولات تكون ممكنة فحسب طالما أخذ النموذج كضمان، فالنماذج لا تمتحن إلا بعد فشل المقاومة الطويلة التي تهدف لحل المعضلات الجسمية التي يطرأ عليها التغير فجأة. لكن العلم في الحقيقة لا يحدث فيه مثل هذه الامتحانات؛ الشبيهة بحل المعضلات؛ للنماذج إنها تماماً عملية تشبه مقارنة نموذج مفرد بالطبيعة. ولكن الاختبار في الواقع يحدث كجزء من المنافسة بين نموذجين متنافسين من أجل الولاء للمجتمع العلمي.

إن هذا التكوين يشرح التوازن المهم لاثنين أو أكثر من النظريات الفلسفية المعاصرة عن التحقيق. إن عدداً قليلاً من فلاسفة العلم ما زالوا يبحثون عن المعايير المطلقة من أجل تحقيق النظريات العلمية. وليست

هناك نظرية واحدة تستطيع أن تتعرض لكل الاختبارات الواضحة الممكنة، إن هذا العدد القليل من الفلاسفة لا يسألون عما إذا كانت النظرية قد تحققت، بل يسألون عن إمكانية تحقيقها في ضوء البينة الموجودة بالفعل. وللإجابة على هذه الأسئلة، فإن مدرسة هامة ذهبت للمقارنة بين قدرة النظريات المختلفة لتشرح البينات الموجودة بين أيديها. إن هذا الاهتمام بمقارنة النظريات إنما هو من ملامح الاتجاه التاريخي الذي قبلت من خلاله النظرية الجديدة، وأفسح لها المجال لتأخذ وضعها بين النظريات المختلفة. ومن المحتمل أن هذه النقطة ستكون واحدة من الاتجاهات التي سيسير فيها مجال مناقشات التحقق في المستقبل.

وفي الأشكال العادية فإن احتمالية تحقيق النظريات قد تمت مناقشته في الفصل الخامس. ولعل إحدى هذه النظريات تتطلب منا أن نعقد مقارنة بين النظرية العلمية المعطاة وبين بقية النظريات العلمية التي نتخيل أو نتصور أنها مناسبة لنفس المعطيات الملاحظة. ويوجد هناك مطلب آخر ألا وهو أن البناء التصوري للاختبارات والتجارب التي تعطي النظرية العلمية يجب أن يكون ممكن الإدراك، إذ من العسير أن نتصور تحقيق ما هو صعب الإدراك والفهم. وإذا لم يوجد نظام علمي تجريبي للغة العلمية المستخدمة، إذن فالتركيب المفترض للاختبارات المتابعة وكذا النظريات العلمية سينتقل من نموذج تقليدي لآخر، دون أن يكون هناك نموذج جديد. وهكذا ينحصر العلم في نطاق ضيق لا يستطيع أن يخرج عن حيزه، وبالتالي لا يكون ثمة تغير أو تقدم، ولن تكون هناك إمكانية لظهور النظريات الجديدة. وعلى الرغم من أن الوضع الآن، كما يُصرون، قد أصبح معتمداً على المقارنة بين النظريات والشواهد المتاحة، إلا أن النظريات والملاحظات دائماً مرتبطة بالفرد في وجودها. إن عملية التحقيق تشبه عملية الاختيار الطبيعي: إنها تنتقي الأشياء والأحداث الممكنة في الأوضاع التاريخية. ويعتبر هذا

الاختيار أفضل ما يمكن عمله، في حالة ما إذا كانت هناك بدائل متاحة من النوع المفيد الذي يستحق طلبه والبحث عنه، ولكنه لا توجد أي أدوات يمكن توظيفها من أجل البحث عن هذه الإجابات.

ولقد تطور هذا الأسلوب على يد كارل بوبر K. Popper الذي أنكر وجود أي إجراءات تحقيق على الإطلاق. بل على العكس من ذلك فقد أكد على أهمية تكذيب الاختيار الذي يقتضي رفض النظرية المؤسسة؛ التي تكون نتيجتها سالبة ومن الواضح هنا أنها بهذه الطريقة تساهم في التكذيب، وهكذا لكي نجرب فيجب علينا أن نمهد الطريق لنظرية جديدة، ونكون على استعداد لقبول نتائجها حتى ولو كانت مخالفة للمألوف. وطبقاً لهذا الرأي، فإنه لن توجد نظرية أبداً تحل كل المعضلات القائمة، كذلك فإن الحلول التي ستعطى لن تكون لها صفة الكمال، وعلى النقيض من ذلك فإن نقص وعدم اكتمال نظرية المعلومات الموجودة سيساعد على تعريف العديد من المعضلات التي تميز العلم السوي. فإذا ما واجه الفشل هذه النظرية فيجب أن ترفض أيضاً جميع النظريات في كل العصور. إن نظرية كارل بوبر تحتاج لبعض التعيين والتحديد «لدرجة التكذيب» وإمكانية ذلك. غير أن الصعوبات قد طاردت أنصار هذه النظرية. لكن تجربة كارل بوبر في غاية الأهمية للعلم لأنها تخلق منافسة بين النماذج الموجودة. إن التحقيق في حد ذاته* يعتبر انتصاراً للنماذج الجديدة على حساب النماذج القديمة. إن فكرة المقارنة بين النظريات العلمية تلعب دوراً كبيراً في الربط بين التحقيق والتكذيب، إنها تمكننا من تفسير الموافقة أو عدم الموافقة عن طريق الربط بين الوقائع والنظرية. وبالنسبة للمؤرخ فإن التحقيق هو الذي يخلق التوافق بين الوقائع والنظرية. إن جميع النظريات التاريخية الهامة اتفقت مع الوقائع، ولكن يظل السؤال مطروحاً عن إمكانية توافق النظرية المفردة مع الوقائع. فعلى الرغم من أنه لا نظرية لافوازييه ولا نظرية بريستلي ـ على سبيل المثال ـ فقد اتفقت

مع الملاحظات الموجودة، على الرغم من عدم الاتفاق إلا أن قليلاً من معاصريها ـ نقول القليل فقط ـ ترددوا في الإفصاح عن أن نظرية لافوازييه تعتبر أكثر مناسبة من النظرية الأخرى. وهكذا نجحت فكرة الاختيار بين النماذج، وبهذا الأسلوب أصبحت مهمة الاختيار والمفاضلة بين أكثر من نموذج شائعة ومستخدمة. غير أن التنافس بين النماذج المختلفة قد سار على منهج روتيني وبوسائل تقليدية مثل عد وحصر عدد المشاكل التي تم حلها بواسطة كل منها. وفي خلال هذه المنافسات فقد أصبح كل نموذج يحاول أن ينقل، أو يحول النماذج الأخرى، لكي ترى بمنظوره وترى علمه، غير أن المنافسات بين النماذج لم تكن من نوع المعارك التي يتم حلها بالبراهين.

إن لدينا عدة أسباب توضح فشل النماذج المتنافسة في خلق الاتصال التام الكامل في وجهة النظر، بين بعضها البعض. إن هذه الأسباب تتمثل في عدد لا حصر له للتقاليد العلمية السوية قبل وبعد الثورة. وسنحاول تلخيص أهم هذه الأسباب. ولعل السبب الأول في هذا المقام يرجع إلى أن النماذج المتنافسة أو المقارنة بعضها ببعض، تختلف عن بعضها البعض في قائمة المشاكل التي يقوم كل نموذج بحلها، أي أن كل نموذج يختص بحل ومناقشة نوع من المشاكل لا نجدها في النماذج الأخرى، ومن هنا تصعب المقارنة وتصبح غير ذات جدوى. كذلك فإنها (النماذج) تختلف في مستوياتها بمعنى أن تعريفاتها للعلم ليست واحدة، والمقارنة لا تهتم إلا بين النظيريتين المتكافئتين. ولكن هل نظرية الحركة يجب أن تفسر سبب قوة الجاذبية بين جزئيات المادة، أو أنها من الممكن أن تلاحظ ببساطة وجود مثل هذه القوة؟ إن ديناميكية «نيوتن» قد لاقت معارضة كبيرة، لأن نظريتي ديكارت وأرسطو المتعارضتين شكلتا الإجابة الشافية لهذا التساؤل. فعندما قبلت نظرية «نيوتن» فإن السؤال استبعد تماماً عن العلم وأصبح خارج نطاقه، كذلك فإن نظرية «لافوازييه» الكيميائية التي تم نشرها في مطلع القرن التاسع عشر

جعلت العلماء يتجهون إلى نموذج «لافوازييه» وهذا التحول يشبه التحول إلى نموذج «نيوتن».

إن هذا التحول والانتقال يعتبر في حد ذاته انتهاء ليس فقط لمبرر التساؤل، ولكن أيضاً يعني اليأس من تحقيق أي حل. إنه في القرن الثاني عشر فإن الأسئلة عن نوعيات المواد الكيميائية قد دخلت مجال العلم مرة ثانية، ودخل معها بالتالي بعض الإجابات على هذه الأسئلة.

وما أن تولدت النماذج الجديدة من القديمة، حتى استعانت بالكثير من المفردات والأجهزة، سواء كانت قديمة أو متطورة، عن تلك التي استخدمتها النماذج القديمة من قبل. ولكنهم نادراً ما كانوا يستخدمون العناصر المستعارة من النماذج التقليدية. فنجد في النموذج الجديد اصطلاحات قديمة، وتجارب قديمة وقد خضعت للعلاقات الجديدة بين بعضها البعض. والجدير بالملاحظة أن سوء الفهم بين المدارس المتنافسة كان مرجعه إلى عدم صحة التعبير، فالتعبير لم يكن مستقيماً بالمعنى الصحيح. إن غير المتخصصين الذين استهزأوا بنظرية «أينشتين» على أساس أن الفضاء لا يمكن أن يكون «منحنى»، كان استهزاء ليس في محله، لأن هذه النظرية ببساطة لم تكن خاطئة. كذلك فإن الرياضيين (علماء الرياضة)، وعلماء الفيزياء، والفلاسفة الذين حاولوا أن يطوروا نظرية أينشتين لم يكونوا هم أيضاً على حق، بل إنهم كانوا مخطئين. فلقد كان الفضاء ـ طبقاً للنظرية القديمة ـ مسطحاً، ومتجانساً ومتحداً في الخواص تماماً، غير أن أينشتين ركز اهتمامه على نسبية كل شيء، فالتجانس والتسطح نسبيان، والنسبية هي السمة الغالبة على تركيب العالم. كذلك فإن الذين رموا كوبرنيقوس بالجنون لأنه قال إن الأرض تتحرك، كانوا مخطئين لأنهم أصروا على أن الأرض ثابتة جامدة لا حركة لها، تلك كانت أرضهم هم التي في عقولهم، والتي ظنوا سكونها وثباتها، ولكن كوبرنيقوس كان على حق

وصحت نظريته. ولكن اكتشاف كوبرنيقوس ما كان ليحرك الأرض في عقول هؤلاء مما خلق مشكلة فيزيائية وفلكية ترتب عليها تغير معنى كل من «الأرض» و «الحركة». وبدون هذه التغيرات تظل فكرة حركة الكرة الأرضية ضرباً من الجنون. ومن ناحية أخرى فقد رأى كل من ديكارت وهايجنز أن حركة الكرة الأرضية سؤال غير متعلق بالعلم.

إن كل هذه الأمثلة إنما هي بعض من الجوانب الجوهرية التي لا حصر لها بالنسبة لتنافس ومقارنة النماذج. إن مقارنة النماذج تشبه: «ممارسة التجارة في عوالم مختلفة». لكل عالم منها ظروفه وخصوصياته المتفردة التي تميزه عن غيره. ففي بعض النماذج نجد أن الأجسام تسقط على الأرض، وبالتالي حركتها من أعلى إلى أسفل، وفي نموذج مخالف لهذا نجد البندول يتحرك يميناً ويساراً في حركة منتظمة متتابعة. نموذج يقول إن الفضاء مستوٍ وآخر يؤكد انحناءه، إنها ممارسات ومعالجات واحدة ولكن في عالم مختلف. إن كلا الفريقين من العلماء يرى أشياء مختلفة عندما ينظرون من نفس الموقع لنفس النقطة. ولكننا نؤكد أنهم لا يرون من عالم ما يفضلونه، وأن ما يرونه واحد لا يتغير، غير أن النماذج هي التي تتغير. ولكن في بعض المناطق يرون أشياء مختلفة، ويرونها أيضاً في علاقات مختلفة مع بعضها البعض. والسبب في ذلك أن القانون الذي لا تتضح تفسيراته أمام مجموعة من العلماء، من الجائز أن يظهر وتظهر تفسيراته بوضوح لمجموعة أخرى من العلماء. ولهذا فدائماً نجد أن النماذج الجديدة، والنظريات الحديثة، تلقى معارضة قوية عندما تعلن لأول مرة. فالتحول إلى نظرية كوبرنيقوس لم يتم إلا بعد قرابة قرن من الزمان بعد إعلان كوبرنيقوس لنظريته الجديدة، كذلك فإن نظرية «نيوتن» لم يعتنقها العلماء إلا بعد نصف قرن من وفاة «نيوتن». كذلك بريستلي الذي حصل على الأوكسجين لأول مرة من أحد أملاح الزئبق، لم تقبل نظريته في بادىء الأمر. كذلك لم يقبل اللورد كلفن Kelvin نظرية «الكهرومغناطيسية». ومن

الملاحظ هنا في هذا المقام، أن فكرة التحول إلى النظريات والنماذج الجديدة لم ترفضها العقول العادية فحسب، بل رفضها العلماء أنفسهم في بادىء الأمر، إن بريستلي الذي اكتشف غاز الأوكسجين من أحد أملاح الزئبق، كان هو نفسه في بادىء الأمر أحد المعارضين الذين رفضوا قبول نظرية الأوكسجين. إن العالم دارون كتب في نهاية عمل من أعماله قائلاً:

«على الرغم من أنني مقتنع تماماً بوجهات النظر التي عرضها العلماء في هذا الجزء. . . ، إلا أنني لا أستطيع بأي وسيلة أن أقبل وأقتنع بآراء العلماء التجريبيين، الذين امتلأت عقولهم بالآراء المختلفة ووجهات النظر المتضاربة، فعلى مدار سنوات أعمارهم، فهم كثيراً ما تمسكوا بوجهات نظر ودافعوا عنها، ثم عادوا ليرفضوها ويقبلوا عكسها ويدافعون عنه ويبرهنون على صحته، لقد امتلأت عقولهم بالوقائع، ولكنهم كانوا دائماً يتحولون من الشيء إلى نقيضه، ولكنني أنظر إلى المستقبل بثقة، للعلماء الصغار علماء الطبيعة الناشئين الذين سوف يكونون قادرين على رؤية المسألة من كل جوانبها».

ونجد العالم ماكس بلانك يذكر في مؤلفه: «السيرة الذاتية العلمية ومقالات أخرى»:

«إن الحقيقة العلمية الجديدة لا تحقق النصر عن طريق إقناع معارضيها بوجهة نظرها، وجعلهم يرون النور، ولكن في الواقع أنها تحقق النصر لأن معارضيها يموتون، ويظهر جيل جديد متعود عليها ويألفها».

إن كل هذه الوقائع وغيرها معروفة وواضحة لا تحتاج لأكثر من ذلك توضيحاً. إن القول بأن مقاومة النماذج القديمة حتمية ومنطقية، يعني أن النماذج لن تتغير بالبرهان. وهذا يعني أن المناقشات غير واضحة، وأن العلماء لا يستطيعون أن يقتنعوا بتغير آرائهم القديمة. إن بعض التغيرات تظل لمدة جيل حتى يتم قبولها والموافقة عليها. إن المجتمع العلمي يتغير ويتبدل مراراً وتكراراً ما

دامت النماذج تتغير. إن بعض العلماء، الكبار في السن على وجه الخصوص، وهم المتمرسون ولديهم خبرات طويلة، مؤهلون أكثر من غيرهم لمقاومة كل ما هو جديد من النماذج. حيث إن النماذج القديمة شكلت شخصيتهم العلمية، وخلقت نوعاً من الإلفة بينهم وبين هذه النماذج. لذا يجدون من الصعب عليهم أن يهجروها للنماذج الجديدة. إن كوبرنيقوس صرح بأنه قد حل المشكلة الجسمية الخاصة بطول السنة الشمسية (التي تبدأ من أول يناير وتنتهي في ٣١ ديسمبر). و «نيوتن» صرح بأنه فرق بين الميكانيكية الأرضية والميكانيكية السماوية. وصرح «لافوازييه» بأن حل مشكلة تعريف الغازات وعلاقات الأوزان، وصرح «أينشتين» بأنه أوجد اتساقاً وانسجاماً بين الكهروديناميكية وعلم الحركة المتغيرة. إن مثل هذه المزاعم ربما أصابت قدراً من النجاح، لو أن النماذج الجديدة تم شرحها وتحليلها بطريقة أفضل من تلك التي تمت بها معالجة منافساتها من النماذج التقليدية. ولقد كانت الجداول التي أعدها كبلر والمستمدة من نظرية بطلميوس، كانت هي العامل الأساسي في التحول والتغير الفلكي إلى نظرية كوبرنيقوس. وفي هذا القرن فإن قانون الإشعاع عند بلانك استطاع أن يقنع العديد من الفيزيائيين ليتبنوه، على الرغم من أن تقبل علم الفيزياء لهذا القانون وموافقته عليه يخلق العديد من المشاكل بدلاً من أن يحلها. وهذا يؤكد مقولتنا بأن النماذج الجديدة لا تأتي لتحل مشاكل النماذج القديمة، ولكنها تأتي ومعها مشاكلها الخاصة بها، والتي تكون مختلفة عن مشاكل النماذج السابقة عليها. ومن جهة أخرى لا تستقيم مقارنة النماذج القديمة والجديدة بعضها بالبعض الآخر لأن طبيعة المشاكل تختلف في كل منهما.

في واقع الأمر فإن نظرية كوبرنيقوس لم تكن أكثر دقة واتقاناً من نظرية بطليميوس، وكذلك فإنه لم يقدنا مباشرة لأي تطور في اللوائح

والبيانات الفلكية، ولكنها كانت نموذجاً جديداً يختلف عن سابقه. فالنماذج الجديدة لا تأتي لتصحيح النماذج القديمة بل لتغيرها. إن نظرية كوبرنيقوس على سبيل المثال اقترحت أن الكواكب يجب أن تكون مثل الأرض. ويجب أن نفترض أن كوكب المريخ أكبر بكثير مما نتوقع. والنتيجة أنه بعد موته بست سنوات، فإن التلسكوب الذي شرح الجبال الموجودة على القمر، استطاع أن يوضح أشكال كوكب المريخ وحجمه، وكان من شأن ذلك أن يحقق قبولاً كبيراً لنظرية كوبرنيقوس وبذلك تغير النموذج.

إن جميع المناقشات التي تناولت النماذج الجديدة قامت كلها على أساس مقدرة النماذج المتنافسة في حل المشكلات. وبالنسبة للعلماء فقد كانت هذه المناقشات مقنعة وواضحة، وكان العلماء يفضلون النماذج الجديدة لطرافتها، حتى ولو أنها لم تحل مشكلات النماذج القديمة. فقد كانت النظرية الجديدة بالنسبة لهم «أكثر تناسباً»، وكذلك كانت «أكثر سهولة» من النموذج القديم، ولكن تأثير هذه المناقشات على العالم نفسه كان ضعيفاً، وبالتحديد فقد كان تأثيره على الرياضيات أكبر من تأثيره على العلوم. فالنماذج الجديدة كانت خاماً، ولهذا جذبت بعض العلماء الناشئين واعتمدت عليهم مما حقق انتشارها، ولو أن قبولهم لهذه النماذج في بادىء الأمر كان مرجعه الأساسي أسباب شخصية بحتة، ولكنها بعد ذلك أثرت على المجتمع العلمي كله. وبعد أن قبلها المجتمع العلمي وآمن بها تطورت هذه النماذج تطوراً كبيراً، فأجرى فيزو تجاربه ليثبت أن الضوء يتحرك في الماء أسرع من تحركه في الهواء، وكان هذا التطور جزء من العلم السوي.

إن الشخص الذي يعتنق النموذج الجديد في أوائل ظهور النموذج، هو في الغالب، متمرد على الشواهد والدلائل التي أفرزتها حلول المشكلات الموجودة في النموذج القديم. إن لديه إيماناً عميقاً وثقة عمياء في أن النموذج الجديد سيحقق النجاح وسيحل العديد من المشكلات التي سبق أن فشل النموذج

القديم في حلها. إن قراراً مثل هذا لا يمكن أن يصدر إلا عن إيمان صادق بالنموذج الجديد وإمكانياته. أما العلماء الذين مرستهم التجربة فمن الصعب عليهم أن يعتزلوا أفكارهم، ونماذجهم القديمة، ليتبعوا النماذج الجديدة، لهذا نجدهم وقد لفظوا النظرية الفلكية الكوبرنيقية عندما أذاعها كوبرنيقوس لأول مرة. ولكن النموذج الجديد عندما يتم قبوله ويعترف بالتغير، فإن النموذج يكون في حاجة إلى رجال يؤمنون به ليحققوا تطوره وبلورته، حتى يصبح مقنعاً للآخرين الذين يرفضونه. فالذين يعتنقون النموذج الجديد يحاولون ربطه بحركة المجتمع العلمي، بل ويتنافسون في مساندته وشرحه وتوضيحه في ضوء الشواهد والتجارب العلمية الحديثة. وأثناء استمرارهم على هذا النهج، فإذا استطاع النموذج الجديد أن يكسب المعركة، فإن حجته ستقوى وسيصبح أكثر إقناعاً، وبذلك يزيد عدد مؤيديه. وحينئذٍ سيقتنع كثيراً من العلماء بقيمة هذا النموذج الجديد. وتدريجياً وبمرور الوقت فإن عدد التجارب والأدوات والكتب التي تعتمد على هذا النموذج ستزداد. إن الرجال الذين يقنعون بالآراء الجديدة حتى ولو لم تكن مثمرة، سنجدهم يقنعون هم أيضاً بالنموذج الجديد، بينما تظل القلة القليلة المتبقية على موقفها المعارض. إن المؤرخ عندما ينظر لواحد مثل بريستلي الذي قاوم النموذج الجديد بعنف ولأطول فترة ممكنة، إن مثل هذا الشخص عندما لا يجد النقطة التي يقاوم منْ أجلها، فإنه يصبح غير منطقي وغير علمي. ولهذا فإننا نقول أن الشخص الذي يستمر في المقاومة بعد أن يتحول كل من حوله من أقرانه إلى النموذج الجديد، فإنه في النهاية لا يصبح من العلماء. فالعلم لا يتحجر وإنما يتطور كل يوم بالنماذج الجديدة ومن لا يقبل هذا التطور فليس هو بعالم.

الفصل الثالث عشر

التقدم من خلال الثورة

تتضمن الصفحات التالية وصفاً للتطور العلمي، وهذا الوصف يشمل التركيب الجوهري، أو البنية الأساسية للتطور العلمي المطرد، وعلى الرغم من ذلك فليس من المنتظر أن تقدم هذه الصفحات النتيجة النهائية في هذا المضمار، كما أن بحث التركيب الجوهري للتطور العلمي يواجه مشكلة من نوع خاص. ولكن لماذا حفظ هذا الموضوع وتحرك في هذه الاتجاهات، في الوقت الذي لم تتخذ فيه الفنون ولا النظرية السياسية أو الفلسفة هذه الوجهة؟ ولماذا نال موضوع التقدم كل هذه الأهمية والامتيازات التي شملت النشاطات التي نطلق عليها اسم العلم؟ في واقع الأمر فإن الإجابة على هذا التساؤل لن نجدها في هذا المقال، ولكن يجب أن نستشفها عن طريق البحث عن بدائل.

ومن الملاحظ أن الإجابة في جزء منها تحتوي على جانب سيمانتكي Semantic . ولكن على أية حال فإن اصطلاح «العلم» مخصص للمحاولات التي تحقق تقدماً ملحوظاً. ولعل ذلك يظهر بوضوح في واحد أو أكثر من العلوم الاجتماعية المعاصرة هل تستحق بالفعل أن تأخذ اصطلاح «علم»؟ إن هذه المناقشات مستمرة حتى الآن، وهي مناقشات قد حققت التوازن في الفترات التي سبقت النماذج في المجالات التي أصبحت اليوم تشكل العلم الموسوم بهذا الاسم. لقد ذهب البعض إلى أن علم النفس ـ على سبيل

المثال ـ يعتبر «علماً» لا بد له من الخصائص كذا وكذا. على حين ذهب البعض الآخر يعارض هذه الفكرة ويدعي أن هذه الخصائص غير ضرورية أو أنها ليست كافية بذاتها لتشكل مجالاً من مجالات العلم. إن هذا البحث والتحري تطلب مجهودات ضخمة وحماسة متأججة، ولكن هل استطاع أحد أن يضع تعريفاً للعلم؟ وهل هذا التعريف يستطيع أن يخبر إنساناً ما، إذا كان عالماً أم لا؟ وإذا كان الأمر كذلك، فلماذا يقلق العلماء الطبيعيون والفنانون بسبب تعريف المصطلح؟ كذلك ربما يطرح سؤال مثل السؤال التالي: «لماذا يفشل تخصصي في الاتجاه الذي قيل أن الفيزياء قد سلكته؟ وما هي التغيرات التي تطرأ على التكنيك أو الطريقة أو الأيديولوجية التي ستمكننا من تحقيق ذلك؟ إن هذه التساؤلات ليست من النوع الذي يسهل الرد عليه في تعريف واضح محدد. الأكثر من ذلك أن العلوم الطبيعية لن تصبح هي مصدر الاهتمام، ولكن ليس في حالة الوصول إلى تعريف واضح، وإنما في حالة وجود آراء المجموعات التي تشك في وصفها، وفي ما وصلت إليه في مجالاتها العلمية. ونود أن نؤكد هنا أن المشتغلين ببعض المجالات يهتمون اهتماماً كبيراً بمناقشة ماذا كانت مجالاتهم علمية أم لا؟. ولكن بعض المشتغلين بمجالات أخرى لا يهتمون بهذا التسؤل كثيراً ويكتفون بممارستهم لعلمهم وهم مؤمنون به. فعلى سبيل المثال نجد أنه من الواضح أن مناقشات رجال الاقتصاد قليلة للغاية بل نادرة حول التساؤل عما إذا كان مجالهم يعتبر «علماً» أم غير ذلك، في حين أننا نجد أن الممارسين لبعض المجالات الخاصة بالعلوم الاجتماعية لا يفتأون يتساءلون ويطرحون هذا السؤال مجالاً للمناقشة. ولكننا بدورنا نتساءل عن سبب ذلك الاختلاف بين الممارسين. هل معنى ذلك أن رجال الاقتصاد يعرفون ما هو العلم؟

على أية حال فإن هذه النقطة تساعد على توضيح المأزق الحرج الذي يربط بين مفهومنا للعلم ومفهومنا للتقدم. ولعدة قرون، منذ العصور القديمة، وكذا

في بداية عصر أوروبا الحديث. فإن فن الرسم ـ على سبيل المثال ـ كان يعتبر نظاماً تراكمياً. أثناء هذه السنوات كان هدف الفنان هو التعبير. إن النقاد والمؤرخين أمثال «بليني» و «فساري» Vasari & Pliny سجلوا بكل الفخر والتبجيل مجموعة الابتكارات تبدأ من الرسم وحتى استخدام الألوان والظلال والأبعاد والتي أدت إلى تقدم الفنون ووصلها لدرجة الكمال في عصر النهضة، عندما بدأت الفنون تأخذ شكل العلم. فوجدنا الفنان «ليوناردو دافينشي» واحداً من الكثيرين الذين تنقلوا بحرية بين العديد من المجالات ومارس العديد منها. وحتى بعد هذا التغير في مجال الفنون، فإن اصطلاح «فن» استمر يتبلور ليصبح له تكنيك خاص أصبح يستخدم أو يوظف التكنولوجيا والابتكارات، والتي تعتبر ضرباً من التقدم، وهكذا تقدم فن الرسم، وكذلك تقدم فن النحت. وحتى اليوم فإن جزء من الصعوبات التي نراها في الأبعاد المختلفة بين العلم والتكنولوجيا، يجب أن تجعلنا نتوصل لحقيقة هامة ألا وهي أن التقدم قد شمل كلاً منهما (العلم والتكنولوجيا).

ومشكلتنا المعاصرة تتمثل في أننا أصبحنا نميل إلى اعتبار أي مجال يحقق **نوعاً** من التقدم، وأصبحنا ننظر إليه على أساس أنه علم. وعلى هذا فلو أدركنا هذه **النقاط، فإننا سنجد** أن هناك اصطلاحات وعبارات زائدة ومطولة مثل «التقدم العلمي» وكذلك عبارة «**الموضوعية العلمية**»، ولكننا نعود مرة ثانية للتساؤل: هل أي مجال يحقق **تقدماً** لأنه علم؟ أما أنه يعتبر علماً لأنه يحقق تقدماً؟

ولنسأل الآن لماذا يجب أن يتقدم موضوع مثل العلم السوي؟ في الواقع أن أفراد المجتمع العلمي يعملون من خلال النموذج الواحد أو من خلال العلاقات القائمة والوثيقة الصلة به. ومعنى ذلك أن اهتمامات العلماء في المجتمع العلمي الواحد تكون **متشابهة، وتبحث نفس الموضوعات**، وتلجأ لنفس الأسلوب في المعالجة، ومن النادر أن نجد مجتمعات علمية مختلفة

تبحث في نفس المشكلة . فلكل مجتمع علمي مشاكله الخاصة التي لا تتكرر، لأن تغير المجتمعات بتغير النماذج ينقلها إلى مشاكل جديدة لا إلى حل المشكلات القديمة ، ومن هذا المنطلق فإننا نادراً ما نجد مجتمعات علمية مختلفة تبحث في نفس المشكلة . ولكن إذا حدث ووجدنا مجتمعات علمية مختلفة تبحث مشكلة واحدة ، فإن مثل هذه الحالة استثنائية، لأن علماء هذه المجتمعات في الغالب يتناولون العديد من النماذج الشائعة . وإذا نظرنا لأي مجتمع علمي نجد أن نتيجة الأعمال الناجحة الخلاقة هي في الحقيقة تمثل تقدم هذا المجتمع . كذلك فعندما لاحظنا الفنانين الذين يهدفون إلى التعبير عما بداخلهم عن طريق الرسم أو النحت، وجدنا أيضاً أن النقاد والمؤرخين يعتبرون هذا التعبير نوعاً من التقدم. كذلك فإن المجالات الخلاقة الأخرى تفسر تقدماً من نفس النوع . غير أننا لدينا شك ـ مثل الكثيرين غيرنا ـ في أن المجالات غير العلمية يمكن أن تحقق تقدماً. إن الشخص الذي يزعم أن الفلسفة ـ على سبيل المثال ـ لم تحقق أي تقدم يؤكد أن الأرسطيين ما يزالون موجودين ، وليس معنى ذلك أن الفلسفة الأرسطية قد فشلت في التقدم.

إن مثل هذه الشكوك حول موضوع التقدم لم تنشأ فقط عند معالجة موضوع التقدم، ولكنها نشأت أيضاً عن معالجة العلوم. ففي خلال الفترات التي سبقت النماذج ، عندما كانت هناك العديد من المدارس المتنافسة ، فإن شواهد التقدم ، باستثناء التي كانت موجودة داخل هذه المدارس ، نقول أن هذه الشواهد كان من الصعب التوصل إليها وإدراكها ، لأنه لم يكن لها وجود فعلي . تلك هي الفترة التي تم وصفها في الفصل الثاني ، كإحدى الفترات التي تمت خلالها الممارسات العلمية الفردية ، ولكن في هذه الفترة فإن نتائج هذه الممارسات لم تضف جديداً للعلم . ومرة ثانية ففي أثناء فترات الثورة العلمية فإن المعتقدات الجوهرية لمجال من المجالات يحوم حولها الشك في إمكانية تحقيقها للتقدم . إن أولئك الذين عارضوا نظرية «نيوتن» صرحوا

بأن اعتمادها على القوى الفطرية سيعيد العلم إلى العصور المظلمة ـ كذلك فإن أولئك الذين عارضوا نظرية «لافوازييه» الكيميائية قد كانت معارضتهم للمبادىء الكيميائية. وكذلك أولئك الـذين عارضوا ميكانيكيـة «أينشتين». باختصار ففي فترات العلم السوي فإن التقدم يبدو واضحاً ومؤكداً. ففي هذه الفترات فإن المجتمع العلمي يستطيع أن يرى بوضوح ثمار أعماله بطريقته الخاصة ليس بأي طريقـة أخـرى.

وبالنسبـة للعلـم السـوي، فإن جزءاً من الإجابـة على مشكلـة التقدم تقـع في مجـال نظـر المهتمين بهـا، لأن التقـدم العلمـي يختلف في النـوع عن التقـدم في المجـالات الأخـرى، لكن غياب المدارس المتنافسـة ـ في كثير من الأزمـان ـ والتـي تحقـق التقـدم للمجتمع العلمي السوي، كان غياباً من السهل إدراكه. إننا نلاحظ على سبيل المثال أن قبول النموذج الشائع يحرر المجتمع العلمي ويعفيه من الحاجة إلى إعادة فحص مبادئه الأولى، إن أفراد هذا المجتمع يمكنهـم التركيـز على الإبداع وعلى فهم الظواهر التي تهم هذا المجتمع. وبالتالي فمن المحتم أن هذا الاهتمام سيساهـم في زيـادة الكفـاءة التـي يستطيـع أفـراد المجتمـع بواسطتها أن يحلوا المشاكل الجديدة.

غير أننا يجب أن نذكر في هذا المقام أن العلماء لم يهتموا بكل ما كان يشغل أفراد المجتمع. فلقد كان للشعراء واللاهوتيين اهتماماتهـم الخـاصة التي لم ترق للعلماء أن يهتموا بها، ومن هنا تولد الاختلاف. إن العلمـاء يعملون فقط لخدمة مستمعيهم ومريدهـم الـذين يحضرون محاضراتهـم في الكليات، ولهذا فإن المريد أو المستمـع يشارك العالـم في تصديقـه وتقييـم عمله، ومن هنا كان الاهتمام بنوعيات معينة من المشاكل دون غيرها. ولهذا فقد كان العالم لا يقلق نفسه بأفكار الجماعات والمدارس الأخرى، طالما وجد من يستمع لأفكاره الخاصة. وهكذا وجد نوع من العزلة بين المجتمع

والعلماء فلكل منهما اهتماماته ومشاكله التي لا يهتم بها الطرف الآخر، والأهم من ذلك أن انعزال المجتمع العلمي وانفصاله عن المجتمع ككل قد شجع العالم الحر الذي لا ينتمي إلى أي مدرسة أو جماعة، شجعه أن يهتم بالمشاكل التي يؤمن بها، ولديه من الأسباب ما يجعله يعتقد أنه سيكون قادراً على حلها.

وعلى ذلك فقد كان هذا التناقض بين علماء الطبيعة والعديد من علماء المجتمع تناقضاً مفيداً أدى إلى التقدم. ولكن آثار هذه العزلة عن المجتمع الكبير كانت محددة بملامح المجتمع العلمي، وطبيعة نشأته العلمية وأساليبه التعليمية. فمثلاً نجد أن الموسيقى، والأدب، وفن النحت والرسم، نجد أن الممارس لهذه الفنون، يكتسب خبرته وتعلمه عن طريق تعرفه وتعلمه من أعمال الفنانين الآخرين، ولا سيما الفنانين المبكرين الذين سبقوه في هذا الفن أو ذاك. كذلك في مجال التاريخ، والفلسفة، والعلوم الاجتماعية فإن العالم يضع معولاً كبيراً وأهمية خاصة على المراجع التي تتناول الأحداث التي لم يعاصرها. وعلى ذلك فالعالم دائماً في حاجة إلى الرجوع إلى المصادر الأصلية، سواء الكلاسيكية أو إلى تقارير الأبحاث المعاصرة. ونتيجة لذلك فإن الدارس سيصبح على وعي وفهم للمشكلات المتنوعة، ليست فقط التي يعاصرها بل والتي كانت موجودة في العصور القديمة السابقة على عصره، ومن هنا يتعرف على حلولها، وبالمقارنة يستطيع حل المشكلات المعاصرة التي تواجه العصر الذي يعيش فيه. كان ذلك هو الوضع في العلوم الاجتماعية، أما في العلوم الطبيعية فإننا نجد الدارس يعتمد على المراجع ويقرأ فيها حتى يبلغ عامه الثالث أو الرابع في عمله فيبدأ في بحثه الخاص. وبعد أن يتم بحثه ويتحقق من نتائجه يظهر نموذجه الخاص. فالدارس لعلم الطبيعة يبدأ دراسته بنماذج «نيوتن» و «أينشتين» وفاراداي، ويعلم ما بها ويستوعب نقاطهم، بعد هذا تبدأ المرحلة الذاتية التي تظهر فيها الشخصية

العلمية لهذا الدارس. وعلى ذلك يصبح العالم مجهزاً للعمل العلمي السوي، وكذلك لحل المعضلات من خلال التقاليد التي تحددها المراجع القديمة، ولكن هذه تمثل مرحلة بدائية في تاريخ مراحلهم العلمية.

وفي الوضع الطبيعي فإن المجتمع العلمي مهتم بحل المشكلات أو المعضلات التي تحددها نماذجه، ونتائج حلول هذه المعضلات هي تحقيق التقدم الحتمي. أما الجزء الثاني الأساسي من مشكلة التقدم في العلوم هو التقدم من خلال العلم الشاذ. ولكن لماذا يتحتم على التقدم أن يكون ملازماً ومصاحباً للثورات العلمية؟ ومرة ثانية يمكننا أن نتعلم الكثير عن طريق التساؤل عن النتائج الأخرى التي نستخلصها من الثورة العلمية. إن الثورات عامة مرتبطة بالنصر العام الواحد من المعسكرين المتصارعين. والفريق المنتصر يرى أن نتائج انتصاره تمثل التقدم المرجو، ولعل ذلك شيء طبيعي أن تكون نتائجهم في نظرهم تقدماً، وأنها تضعهم في مراكز ممتازة ليصبحوا على ثقة من أن أفراد مجتمعهم يرون نفس الشيء بنفس الطريقة. ولقد ناقش الفصل السادس بإسهاب الأساليب التي تحقق ذلك ولقد انتهى إلى أن الممارس لمجال من المجالات يرى مجاله على أساس أنه هو التقدم بعينه.

إن هذه العلامات حتماً ستقترح أن أفراد المجتمع العلمي هم ضحية إعادة كتابة التاريخ عن طريق القوى الموجودة. إن الثورات العلمية لها خسائر تماماً مثل المكاسب، من ناحية أخرى فإنه لا يوجد أي تفسير أو شرح للتقدم من خلال الثورات. إن وجود العلم يعتمد على تطويع القوة لكي تختار بين النماذج في المجتمع الذي ينتمي لنوعية معينة من الأفراد. إن كل حضارة من الحضارات التي تم تسجيل أعمالها كانت تمتلك تكنولوجيا، وفناً وعقيدة ونظاماً سياسياً وقوانين وتشريعات. وفي كثير من الحالات فإن هذه الوقائع الحضارية تعتبر تطوراً مثلما نعتقد نحن أيضاً في حضارتنا، غير أن الحضارات التي انحدرت من الحضارة اليونانية الهلينية قد امتلكت الكثير من فروع

العلم. إنها مجموعة المعارف العلمية التي أثرت في أوروبا في القرون الأربع الأخيرة.

ولكن ما هي السمات والملامح الجوهرية لمثل هذه المجتمعات؟ من الواضح أنها في حاجة إلى العديد من الدراسات الجادة. إن العلماء يتوجب عليهم الاهتمام الشديد بحل المشكلات التي تخص سلوك الطبيعة. بالإضافة لذلك فإن العالم المهتم بالطبيعة، تكون المشاكل التي يهتم بها عبارة عن مشاكل في التفصيلات. كذلك فإن الحلول التي ترضيه وتقنعه يجب ألا تكون شخصية، أي قائمة على الإقناع الشخصي، ولكنها يجب أن تكون حلولاً مقبولة يقبلها الكثيرون غيره. إن هذه القائمة الصغيرة للميزات العامة والشائعة عن المجتمعات العلمية، انبثقت من ممارسة العلم السوي ومن المفروض أن تكون كذلك. تلك هي الممارسات التي يجب أن يمارسها العالم. وعلى الرغم من صغر حجم هذه القائمة، إلا أنها كافية بذاتها لكي تفضل هذه المجتمعات عن غيرها. كذلك وعلى الرغم من أن مصدر هذه القائمة هو العلم السوي، إلا أنها تشمل العديد من القسمات الخاصة لاهتمامات الجماعات في أثناء فترات الثورات وأثناء مناقشة النماذج. ونحن نلحظ أن جماعة من هذا النوع يجب أن ترى النموذج الجديد الذي غير النموذج القديم، على أنه تقدم. إن المجتمع العلمي هو الأداة التي تحدد حجم المشكلة التي تحلها النماذج الجديدة. كما أنه سيتضح للمجتمع العلمي بعد ظهور مشاكل جديدة مرتبطة بتغير النموذج، إن بعض المشاكل القديمة يجب أن تنسى تماماً، وذلك لأنه لا تصبح لحلولها أي أهمية في الوقت الراهن، لأن الاهتمام ينصب حينئذٍ على مشاكل النماذج الجديدة. إن هذا التغير في النموذج يجعل العلماء وأولئك الذين يتعلمون منهم أقرب ما يكونون من الحقيقة.

وفي الواقع فإن مصطلح الحقيقة دخل لهذه المقالة عن طريق أحد

الأسئلة التي طرحها فرنسيس بيكون F. Bacon ، وهذا الاصطلاح يعتبر هو مصدر اقتناع العلماء. كذلك فإن القواعد المتناقضة في العلم لا يمكن أن توجد إلا أثناء الثورات، وهي مرحلة تغير وانتقال من وضع إلى آخر، ولكل منهما قواعده التي يقوم على أساسها.

وقبل انتصار النموذج الجديد، وفي أثناء مرحلة الصراع فإن المجتمع يشهد العديد من القواعد المتناقضة التي يصارع بعضها البعض الآخر ليثبت وجوده. وعندما ينتصر النموذج الجديد، فإن القائمين عليه يعتبرون هذا الانتصار تقدماً لا ريب فيه. وعندما تكلم دارون عن نظرية التطور، وتناول موضوع «أصل الأنواع» توصل إلى أنه ليس هناك هدف ترسمه الطبيعة كذلك الله لم يضع أي هدف. والانتخاب الطبيعي، كذلك التجارب التي تجري في البيئة المعطاة، كشفت أن النظام الذي يحكمها كان هو الارتقاء أو التدريجية. إن هذه النظرية التي تكلمت عن الأنواع الموجودة في الطبيعة، طبقت على بعض أعضاء الجسم مثل عين الإنسان ويده، إن تصميم هذه الأعضاء وتركيبها بالهيئة التي هي عليها هو الذي أمد الإنسان بالمناقشات القوية والمجادلات في حقيقة وجود الكائنات العليا، ولكن الإنسان على الرغم من تطوره، أو على الرغم من تطور هذه الأعضاء عن ما كانت عليه في البداية، إلا أن هذه الحركة ليس لها هدف إنها حركة عشوائية تسير على غير هدى. والاعتقاد بأن الانتخاب الطبيعي Natural Selection إنما هو نتائج التنافس بين الأعضاء من أجل الحياة، إنه صراع من أجل البقاء، إن هذا الاعتقاد يربط بين الإنسان والحيوانات والنباتات العليا، ولعل ذلك هو الجانب الصعب المزعج في نظرية «دارون»، فماذا يعني «التطور» و «التقدم» في غياب الهدف المحدد؟ ما هو مفهوم الارتقاء والتطور العشوائي الذي قالت به النظرية؟ على أية حال فإن الكثيرين يرون في هذا الاصطلاح تناقضاً ذاتياً فكيف يكون تطور وتقدم وليس له هدف، فإذا كانت الحركة عشوائية لا

هدف لها، فكيف يمكننا أن نسميها تقدماً أو ارتقاء؟ ارتقاء إلى ماذا؟ إن الارتقاء والتقدم يكونا لهدف وغاية محددة. وإذا لم يكن لها غاية فلا يمكننا أن نطلق عليها اسم التقدم أو التطور. وعلى ذلك فالعبارة التي ذكرتها النظرية «إنه تطور بلا هدف» (عشوائي) يرى الكثيرون أن بها تناقضاً داخلياً.

وبالمقارنة بين تطور الأعضاء وتطور الأفكار العلمية يمكننا أن نتقدم خطوة للأمام. وهكذا يكون تحليل الثورات مبرزاً للصراعات العنيفة التي تدور داخل المجتمع العلمي لممارسة العلم الجديد. والنتيجة الأكيدة لتتابع هذه الثورات العلمية التي تفصلها عن بعضها فترات البحث السوي، هي التطورات والتطبيقات المدهشة والتي نسميها المعرفة العلمية الحديثة. هذه المراحل التطورية العلمية الناجحة ساهمت في ظهور وازدياد التخصصات. كذلك فإن الحقيقة العلمية الثابتة في كل مرحلة من مراحل تطور المعرفة العلمية هي خير مثال على ذلك.

إن أي شخص يتتبع هذه المناقشة يشعر بحاجته الماسة للتساؤل ماذا يجب أن تكون عليه (الطبيعة)، بما فيها الإنسان، لكي يصبح العلم ممكناً على الإطلاق؟ لماذا يجب على المجتمع العلمي أن يبحث الآراء الثابتة في مجالات صعبة المنال؟ لماذا تتغير الآراء المتفق عليها من نموذج إلى آخر؟ من وجهة نظر معينة فإن جميع هذه الأسئلة، باستثناء السؤال الأول، قد تمت الإجابة عليها. ولكن من وجهة نظر أخرى فإنهم ما تزال مجرد أسئلة مفتوحة مطروحة للمناقشة لم يوضع فصل القول فيهم. وموقف هذه الأسئلة لم يتغير بعد انتهاء المقالة عما كانت عليه في افتتاحية هذه المقالة. ليس المجتمع العلمي وحده الذي يتوجب عليه أن يكون معنياً بذاته، بل إن العالم الذي فيه هذا المجتمع، والذي يعتبر المجتمع جزءاً منه، يجب أن يكون لهذا العالم ملامحه المعينة ومن هنا نصل للمشكلة التي طرحت قبل

ذلك . ما الذي يجب أن يكون عليه العالم (الكون) لكي يستطيع الإنسان أن يعرفه؟ ولكن هذا السؤال يمثل مشكلة عظيمة لا يمكن حلها ببساطة ، إنها مشكلة قديمة قدم العلم نفسه ، ولقد ظلت بلا إجابة أو حل ، وعلى أية حال فليس من المطلوب منا في هذا المقام أن نضع لها حلاً أو نوجد لها إجابة . إن أي استثناء لتوافق الطبيعة مع النمو العلمي ، هو بالبرهان توافق مع وجهة النظر العلمية الثورية الخاصة بتطور العلم . ولأن هذا الرأي متناسب مع ملاحظة الحياة العلمية ، لذا فقد نشأت مجادلات عنيفة وملحة لتوظيف هذا الرأي محل هذا الكم الهائل من المشكلات التي لا تزال باقية .

حَاشِية عَام ١٩٦٩

لقد مضى الآن سبع سنوات على ظهور أول طبعة لهذا الكتاب ولفترة فإن آراء النقاد والأعمال الأخيرة التي أنجزتها، قد ساهمت في زيادة فهمي وإدراكي لعدد من النقاط التي نشأت من طرح هذا الموضوع. وفي واقع الأمر فإن وجهة نظري لم تتغير، ولكنني الآن أدركت جوانب أخرى لأسسها الأولى التي أوجدت في فترة سابقة ـ لبعض الصعوبات، وسببت كثيراً من سوء الفهم. وفي الحقيقة فإن بعضاً من سوء الفهم هذا مرجعه إلي شخصياً. وزوال سوء الفهم مكنني من كسب أرض أمدتني بالأسس والقواعد اللازمة من أجل رؤية جديدة في هذا الكتاب. في تلك الأثناء، رحبت، وانتهزت الفرصة لعمل بعض المراجعات والتصحيحات التي كان الكتاب في حاجة ماسة لها. وكذلك وضعت تعليقات على بعض الانتقادات التي وجهت لبعض النقاط، كما وقد قمت باقتراح الاتجاهات التي أدت إلى تطور فكري الخاص.

إن العديد من مفاتيح الصعوبات لنصوصي المبتكرة كانت مرتبطة أساساً بمفهوم «النموذج» Paradigm، ولهذا السبب فإن مناقشاتي بدأت بهذه الصعوبات. وفي النقاط التالية أحاول إزالة الالتباس وسوء الفهم فيما يتعلق بمفهوم المجتمع العلمي، متناولاً بعض النتائج بالتحليل التفصيلي، وقد أخذت في الاعتبار ما حدث عند تناول النماذج عن طريق اختبار سلوك أفراد

المجتمع العلمي. على أية حال فإن الاصطلاح «نموذج» قد استخدم بمعنيين مختلفين، وربما فإن ذلك هو السبب في الالتباس وسوء الفهم. فمن ناحية فهم البعض مصطلح النموذج على أنه يمثل مجموعة من المعتقدات والقيم والخطط (التكنيك) المرتبطة بأفراد المجتمع العلمي. ومن ناحية أخرى فهمه البعض الآخر على أنه يشير إلى نوع عنصر واحد من كل هذه المجموعة خاصة حلول المعضلات التي تم توظيفها كأمثلة أو نماذج يمكنها أن تحل محل القواعد الواضحة مأساس لحل بقية معضلات العلم السوي. على أية حال فإن المعنى الأول للاصطلاح «نموذج»، أو ما نسميه المعنى السيسيولوجي، فهو موضوع القسم ٢ من هذه الحاشية. وأما المعنى الثاني للاصطلاح «نموذج» فنجد أنه معنى فلسفي، وهو أكثر عمقاً من المعنى الأول (المعنى الاجتماعي).

ولعل ما ذكرته في هذا الصدد كان هو المصدر الرئيسي للالتباسات وسوء الفهم الذي تعرض له هذا الكتاب، مما جعل عرضي لموضوع العلم يبدو كأنه موضوعاً منافياً للعقل، وتنقصه المنطقية. ولقد تمت مناقشة ذلك في الفصل الرابع والفصل الخامس. وبصفة خاصة اختص الفصل الخامس بمناقشة مشكلة الاختيار بين نظريتين لامتسقتين وخرج منها بنتيجة هامة تؤكد أن أولئك الذين يتعرضون لوجهات نظر تنتمي لأفراد مجتمعات مختلفة ذات لغات مختلفة، نجد أن المشكلات التي يحللونها تبدو وكأنها مشكلة في الترجمة ليس أكثر. أما النقاط الثلاث الأخيرة في هذا الكتاب فقد شملها الفصل السادس وكذا السابع. النقطة الأولى تركز على أن وجهة نظر هذا الكتاب في التطور العلمي تعتمد على نظرية النسبية. أما النقطة الثانية فقد بدأت بالاستفهام عما إذا كانت مناقشتي معاناة حقيقية، كما قيل، معاناة من الاضطراب والتخبط بين الحالات الوصفية والحالات المعيارية. أما النقطة الثالثة والأخيرة التي اعتمد عليها الكتاب فقد كانت مطبقة على المجالات المتنوعة أكثر مما هي مطبقة على العلم.

١ ـ النماذج وتركيب المجتمع :

إن الاصطلاح «نموذج» قد دخل هذه الصفحات مبكراً، وكانت طريقته في الدخول ذات صفة دائرية. إن النموذج يشارك ويواكب أفراد المجتمع العلمي. وبمعنى آخر، فإن المجتمع العلمي يتكون من أفراد يشارك بعضهم البعض نفس النموذج. بالطبع ليست كل الدوائر فارغة لكن هذه الدائرة ذات صعوبة حقيقية (سأدافع عن حجة لها نفس التركيب في نهاية الحاشية) إن المجتمعات العلمية يجب أن تكون منعزلة عن الاستعانة المسبقة للنماذج، لأن النماذج يتم اكتشافها عن طريق الفحص الدقيق لسلوك أفراد المجتمع المعطاة. إنه إذا قدر لهذا الكتاب أن تعاد صياغته، ستكون به مجالات مفتوحة لمناقشة البنية والتركيب العلمي للمجتمع. فالمناقشات التي أصبحت موضوع اهتمام الأبحاث التي يجريها علماء الاجتماع والذين يؤرخون تاريخ العلم، تأخذ طريقها الآن في هذا الاتجاه لتبحث البنية العلمية للمجتمعات. إلا أن النتائج الأولية للعديد من هذه الأبحاث لم يتم نشرها حتى اليوم، على أساس أن التكنيك التجريبي ليس سهلاً، وهو في حاجة للفحص والتدقيق حتى يتم تطويره. لكن معظم العلماء الممارسين أجابوا على الفور على الأسئلة التي تتعلق بمجتمعهم، آخذين في الاعتبار آراء العديد من المتخصصين الذين استشهدوا بهم. إن مفهوم المجتمع الذي ذكر في الفصول الأولى، من الواضح أنه أصبح مفهوماً شارك فيه العلماء، وعلماء الاجتماع وعدد من المؤرخين للعلم.

وفي حدود هذه الفكرة فإن المجتمع العلمي يتكون من مجموعة الممارسين للتخصصات العلمية المختلفة. وفي كل هذه المجالات فإن الممارسين للعلم قد مروا بمراحل التعليم المتشابهة، ودخلوا تخصصاتهم العلمية من المنافذ التقليدية، كما أنهم اهتموا بنفس الطرق التكنيكية، بل واستقوا دروسهم منها. وفي العادة فإن حدود مستوى الكتب والمنشورات

العلمية تحدد حجم الموضوع العلمي، وبالطبع فإن كل مجتمع له موضوع خاص به. وتوجد مدارس في العلوم، وفي المجتمعات، تلك المدارس هي التي تقترب من نفس الموضوعات وتعالجها من وجهات نظر مختلفة، حيث تتعارض رؤى هذه المدارس في الموضوع الواحد الذي تنظر فيه، وتكون النتيجة آراء متناقضة لمدارس عديدة في موضوع واحد، ولهذا تظل هذه المدارس في تنافس وصراع مستمر، غير أن صراعها هذا عادةً ما توضع له نهاية سريعة. وكنتيجة لذلك فإن أفراد المجتمع العلمي يرون أنفسهم بشكل معين ويراهم الآخرون بشكل مخالف لرؤيتهم لأنفسهم. وعندما يقوم آخر بدراسة وجهات النظر المختلفة ينشأ من هنا سوء الفهم.

وعلى ذلك فإن المجتمعات بهذا المفهوم توجد على مستويات، ولعل أرقى هذه المجتمعات من الناحية العلمية هو المجتمع العلمي الشامل الذي يشمل كل العلماء في جميع التخصصات من علماء فيزياء وعلماء كيمياء، وعلماء فلك، وعلماء علم الحيوان وغيرها من التخصصات العلمية المختلفة. بل إن هذه العلوم تشتمل في داخلها على علوم فرعية، فعلى سبيل المثال، نجد علم الكيمياء يوجد به تخصص الكيمياء العضوية وربما الكيمياء الحيوية، وكيمياء المواد الصلبة، وعلماء فيزياء متخصصون في الطاقة والإشعاع وغيرها من التخصصات الدقيقة. من أجل ذلك يتعين على الفرد أن يستعين بالمشاورات الخاصة المسجلة خططها في المخطوطات القديمة، وكذلك المؤلفات التي اقتبست منها، لكي نتعرف على المعلومات التي كتبت عن تاريخ العلم من خلال ما بها من مقالات علمية تشمل الأصول والفروع العلمية. وسنجد في ذلك المضمار أن النماذج تشارك أفراد المجتمع العلمي، أو بالأحرى أن المجتمع العلمي يتكون من أفراد يشاركون النماذج. وبدون الرجوع إلى طبيعة هذه العناصر المشاركة، فإن العديد من جوانب العلم التي تم وصفها في هذا الكتاب، يمكن أن تستوعب وتفهم فهماً جيداً، وقبل التحول للنماذج

مباشرة، فهناك حاجة للرجوع إلى تركيب المجتمع.

ولعل أهم ما يلفت النظر في هذه التغيرات التي أطلقت عليها مصطلح «التحولات»، من فترة ما قبل النموذج إلى فترة ما بعد النموذج، أنها ساهمت في تقدم المجال العلمي. ولقد ناقشنا هذا التحول في الجزء الثاني من هذا الكتاب. وقبل أن يحدث هذا التحول، كانت توجد مجموعة من المدارس التي تتنافس في السيطرة وفرض سيادتها على هذا المجال العلمي، ولذا تعددت النظريات ووجهات النظر المتضاربة مما أوجد نوعاً من الالتباس وسوء الفهم. ولكن بعد ذلك وبعد ظهور النماذج التي تطور العلم بها ومعها، فقد كان من الطبيعي أن ينخفض عدد هذه المدارس، وأصبح اهتمام هذا العدد القليل من المدارس موجه ناحية حل المعضلات. ولقد كان من نتيجة هذا التحول التركيز على تطور العلوم الاجتماعية المعاصرة. ومن هنا أيضاً نتبين أن هذا التحول لم يكن في حاجة إلى اقتناء أول النماذج. إن أفراد كل المجتمعات العلمية، بما فيهم المدارس التي تعتبر سابقة على النموذج، تشارك أنواع العناصر التي ذكرت من قبل أن محتوياتها تشكل ما يعرف باسم «النموذج». فالتغيرات التي حدثت أثناء هذا التحول ليس لها وجود في النموذج، وإنما نحن نلمح طبيعتها مما يمكننا من القول إنه بعد حدوث هذه التغيرات فقد أصبح من الممكن حل معضلات البحث العلمي السوي.

كذلك فإن النقطة الثانية التي تعتبر أكثر أهمية على الأقل بالنسبة للمؤرخين، تخص مفهوم هذا الكتاب عن ربط المجتمعات العلمية بالموضوعات العلمية. ومرة أخرى أكرر أن «الفيزياء»، «الطاقة الكهربائية» و «الحرارة» يجب أن تسمى مجتمعات علمية، لأنهم يضعون اسم موضوع البحث العلمي. والرأي السائد أن كل هذه الموضوعات العلمية السابقة تنتمي إلى مجتمع الفيزياء، وبالمثل فإن «حركة الأرض»، «دورة الأجرام»

و «الفصول» هي الأخرى موضوعات علمية تنتمي إلى مجتمع الفلك.

إن التعريفات من هذا النوع لا يمكننا التحقق منها تاريخياً، لا سيما عند المؤرخين القدامى، فعلى سبيل المثال لم يكن هناك مجتمعاً فيزيائياً قبل منتصف القرن التاسع عشر، وكان تكوين وتشكيل المجتمع العلمي للفيزياء حينذاك عن طريق إدماج أجزاء اثنين من المجتمعات السابقة المنفصلة، وهما مجتمع الرياضيات ومجتمع الفلسفة الطبيعية. وعن طريق انضمام أجزاء هذين المجتمعين تكون مجتمع الفيزياء، ذلك المجتمع الموحد الذي نعرفه اليوم والذي كان في الماضي عبارة عن مجتمعات متفرعة مختلفة.

ومن الموضوعات الأخرى، على سبيل المثال، موضوع الحرارة، ونظرية ماهية المادة، فقد وجدت لفترات طويلة دون أن تشكل وحدة واحدة في أي مجتمع علمي واحد. إن كلاً من العلم السوي والثورات عبارة عن مجتمع متفرد له ملامحه، ولكي نكتشفها ونحللها، فإنه يتحتم علينا أولاً أن نفك رموز تغير بنية وتركيب مجتمع العلوم.

إن النموذج لا يحكم مادة الموضوع، لكنه يحكم مجموعة الممارسين للموضوع. وعندما اقترب تحليل التطور العلمي من هذا المجال، واجهته العديد من الصعوبات، لأن الفرد في المجتمع العلمي يستخدم نظرية ماهية المادة ليقترح من خلالها أهمية ولاء العلماء للنموذج. وحتى فترة قريبة جداً من هذا القرن أثارت هذه النظريات مناقشات ومجادلات لا حد لها، وانقسم الرأي العلمي للنقاد والمؤرخين بين مؤيد ومعارض، إن نظريات المادة، على الأقل حتى عام ١٩٢٠، لم تشكل أي موضوع خاص، أو أنها لم تكن مادة لأي مجتمع علمي. ولكن هذه النظريات، في الوقت نفسه، كانت أدوات لعدد كبير من المجموعات المتخصصة. إن أفراد المجتمعات المختلفة أحياناً يختارون أدوات مختلفة ووسائل متنوعة، وينتقدون الوسائل التي اختارها الآخرون. والأهم من ذلك أن نظرية المادة ليست

واحدة من الموضوعات التي يجب أن يتفق عليها أفراد المجتمع الواحد. كما أن الحاجة إلى الاتفاق تعتمد على ما يفعله المجتمع. إن علم الكيمياء في النصف الأول من القرن التاسع عشر قد وضع النقاط فوق الحروف. وعلى الرغم من أن الكثير من الوسائل الأساسية للمجتمع قد أصبحت شائعة كنتيجة للنظرية الذرية عند دالتون، إلا أنها ظلت أكثر ملائمة لعلم الكيمياء، وأصبح الكيميائيون قادرون على تأسيس أعمالهم بناء على هذه الوسائل، وعلى أن يختلف وأحياناً بشدة، حول الوجود الذري. ولقد تم حل العديد من الصعوبات الأخرى بنفس هذه الطريقة، من ناحية بسبب الأمثلة التي اخترتها، ومن ناحية أخرى بسبب غموضي وإبهامي حول طبيعة وحجم المجتمعات.

إن عدداً قليلاً ممن قرأوا هذا الكتاب قرروا أن اهتمامي كان موجهاً أساساً لحجم الثورات، مثل التي شارك فيها العالم الفلكي كوبرنيقوس، وكذلك التي شارك فيها «نيوتن» و «أينشتين». والتصوير الواضح لتركيب المجتمع قد ساعد على ظهور الانطباعات المختلفة والتي حاولت أن أوضحها. فالثورة - من وجهة نظري الشخصية - نوع خاص من تغير الاهتمام يسهم في إعادة تركيب المجتمعات.

لكن الثورة ليست بالضرورة في حاجة لكي تمثل تغيراً كبيراً واسع النطاق، وليس ضرورياً أن تبدو صورتها ثورية لأولئك الذين يوجدون خارج المجتمع الواحد الذي تحدث فيه هذه النقلة. وقد يكون هذا المجتمع من الصغر لدرجة أنه يتكون من أقل من خمسة وعشرون فرداً. فإذا قامت جماعة أدبية بتغيير في بعض مفاهيمه الأدبية الخاصة، فإن ذلك يعتبر ثورة، وتغير النموذج قد شمل هذه الجماعة التي هي مجتمع صغير، وليس من الضروري أن يشعر المجتمع الكبير بهذه الثورة التي لا يدركها إلا المهتمين بهذا المجال، وقد لا يدركها عند حدوثها إلا الذين قاموا بها، لأن

التغير لكي يعترف به كثورة، أو تغير، فهو في حاجة إلى فهم، والفهم له معان تساعد على تحقيقه. إن الأجهزة الحديثة مثل الميكروسكوب الالكتروني أو القوانين الجديدة مثل قانون ماكسويل قد تساعد على التطور في تخصص معين، ولكن إدماجها قد يخلق تغيراً مفاجئاً في مجال آخر.

٢ ـ النماذج كتجميع لمجموعة الالتزامات (الواجبات):

ونتنقل الآن إلى النماذج ونسأل عن ماهيتها. إنني أعتقد أن نصي الأصلي لم يترك أي غموض، ولم يتغاضى عن أي سؤال في هذا الصدد. إن واحداً من القراء المتعاطفين معي، والمشاركين لي في الاقتناع بأن «النموذج» يعني العناصر الفلسفية الأساسية في هذا الكتاب، وقام بإعداد ملحق تحليلي، وانتهى إلى أن الاصطلاح «نموذج» قد استخدم على الأقل بأكثر من اثنتي وعشرين طريقة مختلفة. إن معظم هذه الاختلافات ـ على ما أعتقد ـ كانت راجعة إلى تناقضات الأسلوب الأدبي فقط لا أكثر، فعلى سبيل المثال، نجد أن قوانين نيوتن أحياناً تعتبر «النموذج»، وأحياناً أخرى تعتبر «جزء من النموذج» وأحياناً ثالثة تعتبر «نموذجية» أي منسوبة للنموذج. إن العلماء أنفسهم سيقولون أنهم هم واضعوا النظريات، وسأكون في غاية السعادة إذا تم استخدام هذا المصطلح. فالاستخدام الدارج في فلسفة العلم هو «نظرية».

إن واحدة من أهم النقاط التي سوف أتناولها هي ما يعرف بالتعميم الرمزي أو التعميم باستخدام الرموز، بما لهذه الرموز من انطباعات في العقل، وهذه الرموز منبثقة عن مجموعة رموز ذات صورة منطقية مثل: (x, y, z) ϕ (z) (y) (w) وكثيراً ما نجدها في شكل رمزي مثل ma or I = V R
F = I ورموز أخرى يعبر عنها بالكلمات «العناصر تندمج في تناسب مع الوزن» أو «الفعل مساو لرد الفعل». وعلى الرغم من أن المثال الخاص

بالتصنيف يقترح أن العلم السوي يستطيع أن يتقدم بعدد قليل من هذه التعبيرات، إلا أن قوة العلم يبدو أنها تزداد مع زيادة عدد التعميم الرمزي (التعميم باستخدام الرموز).

وهذه التعميات تشبه إلى حد كبير، قوانين الطبيعة، إلا أن وظيفتها بالنسبة للأفراد لا تتوقف على هذه النقطة بمفردها، على سبيل المثال قانون جول ـ لينز $(H = RI_2)$. حينما اكتشف هذا القانون، فإن أفراد المجتمع عرفوا معنى الرموز الثلاثة H, R, I، وهذا التعميم أخبرهم عن سلوك وخصائص الحرارة، والتيار، والمقاومة، تلك الظواهر التي كانوا يعرفونها من قبل. غير أن التعميمات الرمزية كانت لها وظيفة أخرى قد تناولها فلاسفة العلم بالتحليل والتفسير، مثل $F = ma$ or $I = V/R$. إن لهذه الرموز وظيفة مزدوجة، الأولى وظيفتها كقوانين، والأخرى وظيفتها كتعريفات لبعض الرموز. والأبعد من هذا أن تلازم هاتين الوظيفتين للرموز استمر فترة من الزمن. لكن طبيعة استخدام هذه الرموز كقوانين تختلف اختلافاً كلياً عن طبيعة استخدامها كتعريفات، لأن القانون دائماً في تطور، أما التعريف فهو تكرار للمعنى بكلمات مختلفة. على سبيل المثال قانون أوم الذي يتطلب إعادة تعريف كل من «التيار» و«المقاومة»، فإذا استمرت هذه الاصطلاحات تعني ما كانت تعنيه من قبل، فمعنى ذلك أن قانون أوم لن يكون صحيحاً.

أما النقطة الثانية التي شملها هذا الكتاب عندما عالج النموذج، فهي تبحث فكرة «النماذج الاستعارية»، أو «مجازية بعض النماذج»، إن لدي في عقلي بعض الاعتقادات: فمثلاً الحرارة هي القوة الحركية للأجزاء المكونة للأجسام، كذلك فإن جميع الظواهر المرئية ترجع إلى التفاعل بين الذرات الطبيعية في الفراغ. ولقد وصفت هذه العلاقات على أساس أنها معتقدات في النماذج الجزئية، وكذلك فقد عملت على توسيع تقسيم النماذج بحيث تشتمل أيضاً على النسبية أو التنوع النسبي: إن الدائرة الكهربائية يمكن أن

تأخذ على اعتبار أنها نظام ثابت للديناميكية المائية. كذلك فإن جزئية الغاز تسلك مسلك كور البلياردو صغيرة الحجم ذات المرونـة، وذلك من جهـة حركتها العشوائية. إن مجموعة الواجبات المتنوعة تمد المجموعات بالتوافق المطلـوب، وهـي لذلك تساعـد على تحـديد ما سوف يتـم قبولـه كشرح وحل للمعضلات، وبالتـالي فهـي تساعـد على تحـديد جدول المعضـلات التـي لم يتم حلها، وكذلك تساعد على تحديد تطور أهمية كل معضلة من هذه المعضلات. والجديـر بالملاحظـة أن أفـراد المجتمعـات العلميـة لم يكونـوا مضطـرين لمشاركة النماذج، وعلى الرغم من ذلك فإنهم دائماً يفعلون ذلك. ولقد كان دائماً من وجهة نظري أن أفراد المجتمع الكيميائي من الكيميـائيين الـذين عاشوا خلال فترة النصف الأول من القرن التاسع عشر لم يكونوا مطـالبين بتصديق فكرة «الذرات».

أما النوع الثالث من العنصر فأعتقد أنه عظيم الشأن، وهو ما يمكن أن نصفه بالقيم. لقد شارك هذا العنصر بشكل أوسع في المجتمعات المختلفة، وفاق التعميم الرمزي، وحـاول أن يعطـي معنـى «المجتمـع» لكل علمـاء الطبيعة. وعلى الرغم من هذه الوظيفة، إلا أن أهميته المخصوصة تظهـر بوضوح عندما يعرف أفراد المجتمع المحدود معنى التحول، أو عندما يختارون بين الطرق المتناقضة لممارسة نظامهم، كذلك له أهميته في التحكيم بين سائر النظريات. إن القيم المختلفة دائماً تشير إلى اختيارات مختلفة، وعلى ذلك فإنني اقترحت أن العلماء يشاركون القيمة، كما شاركوا النموذج. ولكن يبدو أن ملامح عملية مشاركة القيمة ستبدو ـ من وجهة نظر بعض القراء ـ نقطـة الضعف في موقفي، ذلك لأنني تمسكت بقولي أن مشاركـة العلمـاء ليست كافيـة لتؤكـد الموضوعـات من هذا النوع، مثـل الاختيـار بين النظريـات المتنافسة. غير أن رد الفعل هذا قد تجاهل اثنتين من الملامح التي تم شرحها بواسطة قيمة الحكم في أي مجال. الأول أن مشاركة القيمة تعتبر ذات أهمية

خاصة في تحديد سلوك الجماعة . على الرغم من أن أعضاء الجماعة جميعاً لا يطبقون هذه القيم بنفس الأسلوب (وإن لم يكن ذلك صحيحاً فمعنى ذلك عدم وجود مشكلات فلسفية خاصة حول نظرية القيمة أو النفع) . إن الناس جميعاً لا يرسمون مثل بعضهم أثناء الفترات التي كان التعبير فيها ذو قيمة أولية ، لكن النماذج المتطورة للفنون البلاستيكية (المرنة) غيرت هذا الاتجاه . فلنتخيل مصير العلم لو لم تكن لمحتوياته قيمة أولية . وثانياً ، فإن النقط الخاصة بالتنوعات الفردية في تطبيقات القيم المشاركة ، من الجائز أنها خدمت الوظائف الجوهرية للعلم . وبهذا الأسلوب فإن الوسائل السوية استطاعت حل المشكلات ، كذلك فإن كثيراً من النظريات الجديدة المقترحة قد ثبت خطأها بالبرهان . إذا كان أفراد المجتمع كلهم يهتمون بنموذج واحد على أساس أنه مصدر التغير والتحول ، أو أنهم جميعاً يتبنون كل نظرية جديدة تقدم إليهم ، إذا حدث ذلك فالعلم سيتوقف لا محالة ، كذلك إن لم يكن هناك رد فعل للنظريات الجديدة يعارضها ويحللها ، فإنه بالتالي لن تكون هناك ثورات علمية .

أما الأمر الرابع فهو يتعلق باصطلاح «النموذج» ولأن هذا المصطلح يستعمل للحياة نفسها ، فيمكن استبداله باصطلاح «الأمثلة» ، وأقصد بذلك حل المشكلات التي يتشابك الدارسون بسببها ويتصارعون منذ بداية تعليمهم العلمي ، سواء في المعمل أثناء الاختبارات ، أو في نهاية فصول الكتب العلمية . ولهذا فإن الأمثلة المشاركة تضيف ـ على أقل تقدير ـ بعض الحلول التكنيكية للمشكلات والتي يتصارع العلماء بسببها في أبحاثهم . إن جميع الفيزيائيين ـ على سبيل المثال ـ يبدأون بتعلم نفس هذه «الأمثلة» والمشكلات مثل مشكلة البندول المخروطي ، ومدارات كبلر ، والأدوات مثل الـ Vernier (وحدة قياس مدرجة للحصول على الكسور العشرية) والكلوريمتر (مقياس السعرات الحرارية) وعلى الرغم من أن الحالة الصلبة

والمجال النظري يجعلان علماء الفيزياء يشاركون شرودنجر في معادلته، إلا أن تطبيقاتها الأولية فقط هي الشائعة لدى الفريقين.

٣ ـ النماذج كأمثلة مشاركة :

إن النماذج كأمثلة مشاركة تعتبر العنصر الرئيسي الذي اتخذته كوجه من أوجه فهم هذا الكتاب. «فالأمثلة» ستحتاج ـ لهذا السبب ـ اهتماماً أكثر من غيرها. إن فلاسفة العلم لم يناقشوا المشكلات التي أوجدت صراعاً بين الدارس في المعامل وبين النصوص العلمية التي وردت في الكتب، ولذلك فقد كانت تلك هي الأفكار التي ساهمت في الممارسة التطبيقية لمعارف الدارس. لقد ساعدته على أن يمارس ويطبق الأفكار العلمية القابعة في ذهنه. فالدارس في المعامل كما يقال، لا يستطيع أن يحل كل المشكلات إلا إذا كان يعرف مسبقاً النظرية العلمية وبعض قواعد تطبيقها. والمعرفة العلمية دائماً ما تندرج في النظرية ومجموعة القواعد، ولذا فإن المشكلات تكتسب بعض السهولة عند تطبيقها. ولقد حاولت أن أناقش فكرة الموضوعات المحددة المعروفة والتي تشتمل على أفكار خاطئة. فبعد أن يكون لدى الدارس العديد من المشكلات، فإنه يضيف بعض السهولة عن طريق حل معظم هذه المشكلات. لكن في البداية، ولفترة من الوقت بعد ذلك فإن ممارسة المشكلات يعلم أشياء متتابعة حول الطبيعة. وفي حال غياب مثل هذه الأمثلة فإن القوانين والنظريات التي تعلمها الدارس ستكون أهميتها قليلة من حيث المحتوى الأمبريقي.

وحتى أشير إلى ما في ذهني بوضوح فسوف ألجأ للتميمات الرمزية. فأحد أوسع الأمثلة المشاركة «القانون الثاني للحركة» عند نيوتن، الذي يكتب عموماً على النحو التالي $F = ma$. إن عالم الاجتماع أو عالم اللغة الذي يكتشف أن التعبيرات المتناظرة قد تم فهمها بسهولة وقد قبلها أفراد مجتمع معين، فإنه بدون مزيد من البحث لن يعرف القدر الكافي عن ما يعنيه

الاصطلاح أو التعبير، ولن يتعلم كذلك كيف يربط علماء هذا المجتمع بين تعبيراتهم والطبيعة. وفي واقع الأمر فإن قبولهم لهذه الاصطلاحات دون سؤال أو مناقشة ثم استخدامهم لها على هذا النحو، وفي هذه المواضع لا يعني أبداً أنهم موافقون ومقتنعون بالمعاني وتطبيقاتها. فالعلماء قد يستخدمون الاصطلاحات والتعبيرات المتعارف عليها لعرض وجهات نظرهم، ولكن هذا لا يعني بالضرورة اقتناعهم بمعاني هذه الاصطلاحات والتعبيرات، غير أن استخدامهم لها يكون ضرورياً لنقل آرائهم في فترة من الفترات، ويمكن للمرء أن يتساءل: إلى أي حد وبأي وسيلة يستمرون على هذه الحالة من استخدام اصطلاحات وتعبيرات لا يقتنعون بمعانيها، ومع ذلك يلجئون إليها لنقل آرائهم. وكيف تعلم العلماء مواجهة المواقف التجريبية لاختيار القوى والكتل والسرعات؟

إنه على الرغم من أن هذا الجانب لم يلاحظ أبداً، إلا أن الأشياء التي يجب أن يتعلمها الدارسون في الممارسة العملية تكون أكثر تعقيداً من ذلك. إن المعالجة المنطقية والرياضية يتم تطبيقها مباشرة على الصيغة $F = ma$. إن هذا التعبير عند امتحانه وفحصه يتضح أن له صفة الرسم التخطيطي، أو **بالأحرى هو مشروع قانون. وعندما ينتقل الدارس ورجل العلم من مشكلة** لأخرى، فإن مثل هذه التعميمات الرمزية المطبقة تتغير وتتحول. فنحن نجد أنه في حالة السقوط الحر أن الصيغة $F = ma$ تصبح: $mg = m \frac{d^2 s}{d t^2}$

وللبندول البسيط فإنها تتحول[1] إلى $mg \sin\theta = -ml \frac{d^2 \theta}{d t^2}$

---

(١) تدل الرموز المستخدمة في هذه المعادلات على ما يلي:

حرف m يشير إلى الكتلة mass، حرف g يرمز لعجلة الجاذبية الأرضية، حرف d يعبر عن المسافة distance التي يتحركها البندول في كل دورة، حرف t يعبر عن الزمن time الذي تستغرقه الحركة الواحدة في دورة البندول، حرف s يشير إلى السرعة speed (سرعة حركة البندول)، حرف θ يرمز للزاوية التي يصنعها البندول مع الأفق، sin. رمز رياضي يعني جيب =

وقد تكتب :

$$m_1 \frac{d^2 s_1}{dt^2} + k_1 s_1 = k_2 (s_2 - s_1 + d)$$

إن الظاهرة المألوفة عند دارسي العلم ومؤرخي العلم تتمثل في صعوبة اكتشاف المشابهة في F = ma . إن الدارس يكتشف ـ بمساعدة معلمه أو ربما بدونها ـ طريقة ليرى مشكلة مشابهة لتلك المشكلة التي يتعهدها . وعندما يكتشف هذه المشابهة ، فإنه يدرك التوافق بين اثنين أو أكثر من المشكلات المميزة البارزة . إن مشروع القانون الذي يقول F = ma ، يأخذ كقاعدة تدل الدارس على المشابهات لكي يبحث عنها . ولذا فإن المقدرة على رؤية العديد من المواقف والنقاط المتنوعة بصورة تجعلها تشابه بعضها البعض مثل F = ma أو غيرها من التعميمات الرمزية هي في اعتقادي ـ الشيء الأساسي الذي يحتاجه الدارس لعمل مشكلات مماثلة سواء بالورقة والقلم أو في المعامل . وبعد أن يتم عدد معين ، فإنه سوف يجدها مشابهة لتلك التي تعرض لها أثناء فترة تلقيه العلم في بداية حياته العلمية .

ولعل علاقة المماثلة تبدو أكثر وضوحاً في تاريخ العلم . فالعلماء يحلون المعضلات عن طريق مقارنة حلولهم بحلول المعضلات السابقة ، وتلك هي قدرة رجل العلم الذي يستشف المستقبل من الماضي ، ويستفيد من الحلول السابقة لحل المعضلات المعاصرة . وربما ساعد التعميم الرمزي في ذلك ، فقد اكتشف جاليليو أن دحرجة الكرة على سطح مستو مائل يكسب الكرة سرعة كبيرة لتعيدها إلى الارتفاع الأفقي في خلال ثانية من ميلها على الأفق . ولقد تعلم جاليليو أن يرى هذا الوضع مشابهاً للبندول عند مركز الثقل . وبنفس الأسلوب حل هايجنز مشكلة تذبذب البندول الفيزيائي ، عن

= الزاوية وهو يساوي (جا) في اللغة العربية ، k1 ثابت معادلة ، s1 السرعة الأولى .
(المترجم)-

طريق تخيل المشابهة بينه وبين مركز تذبذب البندول التي قال بهاجاليليو. وعن طريق المشابهة أيضاً ببندول هايجنز استطاع دانيال برونولي أن يحل مشكلة تدفق الماء من فوهة صغيرة. وبذلك حدد نزول وانحدار مركز الجاذبية للماء في الخزان في وقت ضيق للغاية، وبالتالي تمكن بالمشابهة أن يحسب ـ عن طريق تخيل حركة الماء من أسفل إلى أعلى ـ مقدار السرعة التي يحتاجها في نفس هذا الزمن.

وهكذا فإن المثال يوضح تماماً ما أقصده بالتعلم من المشكلات لكي نرى الأوضاع المشابهة لها، مثل الموضوعات التي تستخدم في تطبيقاتها نفس القانون العلمي. وهكذا تكون المعرفة سهلة المنال عن طريق دراسة علاقات التشابه بين الموضوعات. على سبيل المثال نجد أن ثلاثة من المشكلات الفيزيائية في القرن الثامن عشر قد طبقت قانون طبيعي واحد ساعد على حلها جميعاً، وهو أن «السقوط الفعلي يساوي السقوط الموضعي» ولقد شرح تطبيق برونولي استخدام هذا القانون. إن الدارس الفيزيائيَ المعاصر الذي يعرف هذه الكلمات يمكنه أن يتصدى لكل هذه المشكلات ولكن يوظف وسائل أخرى. وعلى قدر شهرة هذه الكلمات، لنا أن نتخيل ما يمكن أن تقوله للإنسان الذي لا يعرف حتى المشكلات. بالقطع فإن التعميم الرمزي بالنسبة له سيكون من الأفضل استخدامه، حتى يتعلم أن يدرك الكلمات الموجودة في القانون بكل ما تعنيه وما تمثله من معاني، مثل «السقوط الفعلي» و «السقوط الموضعي» وما تشرحه الطبيعة. ولكن ما هو الموضوع السابق على القانون والذي يستطيع أن يتعلم منه الإنسان؟ إنه الأمثلة التي يتعلمها ويستعين بها على فهم موضوعاته المعاصرة. وإذا استعرنا جملة من أكثر جمل «مايكل بولناي» فائدة، فإن نتيجة «المعرفة الضمنية» تأتي عن طريق العلم نفسه، لا عن طريق اكتساب قواعده.

٤ ـ المعرفة الضمنية والبصيرة الفطرية :

إن الإشارة إلى المعرفة الضمنية، وتوافق القواعد يفصل مشكلة أخرى تعارضت مع العديد من آرائي التي وردت في هذا الكتاب، وفيما يبدو فإنها قد تمدنا بأساس مفهوم الموضوعية واللاعقلانية. ولعل مِنَ القراء مَنْ شعروا بأنني حاولت أن أبين العلم وأظهره على أساس أنه غير قابل للتحليل عن طريق البصيرة الفردية الفطرية، وأنه يعتمد على المنطق والقانون فحسب. غير أن هذا التأويل يمضي في جانبين أساسيين: أولهما، إذا كنت أتحدث عن البصيرة الفطرية فإنها ليست فردية، بل على العكس لأنها امتُحنت وشاركت الأفراد، أفراد الجماعة الناضجة، وهي تكتسب من خلال التمرين كجزء من إعداد وتجهيز الفرد لعضوية الجماعة. وثانياً، أن البصيرة، من حيث المبدأ، ليست غير قابلة للتحليل، بل على العكس من ذلك. فإن تجاربي المستمرة مع بروجرام الكومبيوتر صممت تحريات وتقصيات عن مكوناتها في مستوى أولي.

وبالنسبة لهذا البروجرام، فليس لدي ما أقوله عنه في هذا المقام، مع أنه يشكل نقطة جوهرية في رأيي. وعندما أتحدث عن المعرفة مشتملة على مشاركة الأمثلة، فإنني لا أشير إلى صيغة أو حالة الشيء المعروف الذي يعتبر أقل تحليلاً من المعرفة المتضمنة (الداخلة) في القوانين والقواعد، وكذا التعريفات. إننا نكتسب من الأمثلة القدرة على التعرف على الموضوعات المعطاة لنا، وذلك عن طريق إدراكنا لمشابهتها أو عدم مشابهتها لما شاهدناه من قبل. ولكن السؤال هنا عن ماهية الشيء الذي يُقاس التشابه به على أساسه، وهذا السؤال يبحث من أجل الوصول للقاعدة، فإذا أدركنا «النموذج» أو «المثال» الذي نقيس عليه بقية الموضوعات نكون بذلك قد وصلنا للقاعدة. لكن البحث في الظواهر لن يوصلنا للقاعدة، إنه ليس نظاماً متكاملاً، وإنما هو نوع جزئي من النظام الذي اقترحته عند تعرضي في

الحديث لهذا الموضوع . ولهذا فقد وجهت اهتماماً كبيراً وأساسياً في كتابي عن «مفهوم الكلمة» ، وذكرت من قبل أنه إذا كان هناك اثنان من الأشخاص يقفان في نفس المنطقة وينظران في نفس الاتجاه ، فمن المنطقي أن نفترض أنهما يستقبلان نفس المعرفة ، أو نفس الموضوع ، لكن الذي يحدث يحطم هذا الافتراض ويعصف به ، إذ أنهما يستقبلان معارف مختلفة ، وقد يرى أحدهما ما لم يراه الآخر ، على الرغم من وحدة الاتجاه ، ووحدة المنطلق . على سبيل المثال فإن أحداً لم يكتشف عمى الألوان حتى أزاح عنه جون دالتون ١٧٩٤ م الستار واكتشفه ووصفه . ومن ناحية أخرى ، فإن المؤثرات المختلفة يمكنها أن تولد إحساسات متشابهة ، على الرغم من أن المؤثر الواحد يمكن أن يولد إحساسات مختلفة . وعلى هذا فإن هناك اعتبارات أخرى تتحكم في هذه العملية . فجزء من العلاقة بين التأثير والإحساس مرتبط بالتعليم . والأفراد الذين ينشئون في مجتمعات مختلفة يتصرفون في بعض الأحيان ، وفي بعض المناسبات وكأنهم يرون أشياء مختلفة ، على الرغم من وحدة الشيء المرئي .

ومن ثم فإن الأفراد الذين ينتمون لمجموعتين سوف توجد لديهم إحساسات مختلفة مبنية على مؤثر واحد، وهؤلاء في الواقع يعيشون في عوالم مختلفة . وبالتالي فإن الأفراد الذين ينتمون لجماعة واحدة مشتركة فيما بينها في التعليم واللغة والتجارب والثقافة والعادات والتقاليد، سيكون لدينا سبباً وجيهاً لنفترض أن لديهم إحساسات واحدة .

وإذا أعدنا الأمثلة والقواعد التي اقترحتها من قبل في هذا الكتاب ، نجد أن واحداً من القواعد الجوهرية التي يستطيع عن طريقها أفراد المجتمع أن يتعلموا كيفية مشاهدة نفس الأشياء ، عندما يقعون تحت تأثير واحد، يتأتى عن طريق عرض الأمثلة السابقة عليهم ودراستها دراسة واعية . لكن هل معنى ذلك أنه ينبغي علينا أن نفترض أن ما يمكن اكتسابه من النماذج إنما

هو القواعد والقدرة على تطبيقها؟ إن هذا النوع من الوصف تتحكم فيه قوانين الفيزياء والكيمياء. ومن خلال هذا المفهوم فإن إدراك الصور المتشابهة في النماذج العلمية يحتم علينا أن نتعلمها وندرسها جيداً، بحيث تصبح منتظمة تماماً مثل دقات قلوبنا. ويمكننا تطبيق القواعد والمعايير على هذه العلاقات التي تعرف بعلاقات المشابهة.

وينبغي توخي الدقة حتى لا نسيء تطبيق القاعدة أو المعايير، فمن أولى واجباتنا أن نبحث عن الظواهر، ثم نبدأ بوصفها، كما يجب علينا أن نهتم بالتفسيرات والتحليلات بصدد هذه الظاهرة أو تلك، ثم نبدأ بمناقشة الوسائل التي سنختار على أساسها بين المتناقضين. فعندما نشاهد الأم وهي تدخل أحد المحال التجارية في أطراف المدينة، في الوقت الذي نعتقد أنها موجودة في المنزل، فإننا بناء على ما شاهدناه سنصيح على الفور «إنها ليست الأم، لأنها ذات شعر أحمر»، وعندما ندخل المحل التجاري نرى المرأة مرة ثانية ونتأكد أنها ليست الأم، ولكنني أظل مندهشاً، ولا أستطيع أن أفهم كيف رأيناها على أنها الأم مع أنها لم تكن هي.

إننا نحاول أن نقدم تفسيراً للإحساسات القريبة منا، لكي نحلل المعطاة لنا، أو ما استقبلناه عن طريق الحواس. وواقع الأمر أن مثل هذا النسق يعتمد على القياس بنفس القوانين. وما حاولت تقريره في هذا الكتاب بخصوص هذه النقطة هو محاولة لتحليل المدركات الحسية عن طريق أدوات الحس. وقد نشأ هذا التقليد منذ زمن ديكارت، وليس قبل ذلك.

ولكي نقول أن أفراد المجتمعات المختلفة لديهم مدركات حسية مختلفة، عندما يقعوا تحت نفس التأثير، فإن ذلك يحتاج لدراسة أمثلة على ذلك وتحليلها على النحو الذي ناقشناه في البداية. وفي كثير من البيئات فإن الجماعة التي لا تستطيع أن تميز بوضوح بين الذئاب والكلاب، لا يمكن احتمالها، ولا ينتظر تقدمها، كذلك فإن علماء الفيزياء النووية يعيشون اليوم

كعلماء، ولكنهم لن يشكلوا مجتمعاً فيزيائياً نووياً ما لم يستطيعوا التعرف على حيل الأنواع الإشعاعية والإلكترونات.

وربما كانت كلمة «المعرفة» كلمة خاطئة، لكن هناك من الأسباب ما يحتم استخدامها. فالمعرفة تنقل عن طريق التعليم، ولها كذلك آثار وتأثيرات كبيرة في الأفراد والجماعات. كذلك فهي موضوع التغير من خلال التعليم، ومن خلال اكتشاف عدم التكيف مع البيئة. تلك هي ملامح المعرفة، وهي في حد ذاتها توضح سبب استخدامي لهذا المصطلح. لكن هناك حلقة هامة مفقودة، حيث أنه ليس لدينا سبيل للتعبير عن ما نعرفه، فلا توجد قواعد ولا تعميمات يمكننا أن نعبر بها عن هذه المعرفة. والقواعد التي يمكننا الاستعانة بها تشير إلى التأثير لا الإحساسات، والتأثير يمكننا معرفته بشكل أفضل من خلال النظرية نفسها. ومن هنا فإن المعرفة موجودة في الإحساسات والمؤثرات، ولكن بصورة ضمنية، ونحن نعرفها على أنها ضمنية.

إننا نعلم أن الالكترونات موجودة ولكننا لا نستطيع أن نراها، لأنها محتوية بطريقة خفية أو ضمنية مثل فقاعات الهواء أثناء بخر السحب. ومع أنه لا يمكننا أن نرى الالكترونات، إلا أن هذا لا يعني أنها غير موجودة، بل على العكس إنها موجودة وآثارها تدل عليها، ومن ثم فإن معرفتها ضمنية. كذلك نحن لا نرى التيار الكهربائي، ولكننا نشعر بوجوده عن طريق اهتزاز إبرة جهاز الجلفانومتر الذي يقيس مقدار الجهد الكهربائي، ومن ثم فمعرفة التيار الكهربائي معرفة ضمنية أيضاً. ومن هنا نتأكد ونتيقن من الوجود الفعلي لأشياء يصعب رؤيتها مثل التيار الكهربائي والالكترونات الداخلة في تركيب الذرة.

إن بروجرام الكومبيوتر قد أشار فعلاً إلى هذه الأشياء، واقترح وسائل حديثة لتناولها والتيقن منها. ففي رؤية قطرات الماء، أو رؤية تحرك مؤشر

الأرقام دلالات كافية على وجود الأشياء، ويبقى بعد ذلك تقديم التحليل والتفسير قبل الوصول إلى النتائج النهائية الخاصة ـ مثلاً ـ بالتيار الكهربائي أو الالكترونات.

وهناك من التجارب ما هو يسير على العلماء وغير العلماء ليفهموها، مثل البخار الذي يخرج من الفم أثناء عملية التنفس في فصل الشتاء القارس، ولكن هناك ما هو أعقد من ذلك مثل البخار المتجمع في السحب القاتمة والتي لا يتسنى للشخص العادي أن يدركه ببساطة، إلا إنْ تكثف وسقط على هيئة قطرات من الماء، وهنا عند سقوطه تأتي المعرفة بوجوده. ولكن ألم يكن موجوداً قبل تكثفة وتحوله لقطرات ماء؟ بالطبع كان موجوداً ضمنياً بين فقاعات السحب، وهكذا تصبح معرفته معرفة ضمنية. ونفس القول ينطبق على جزئيات ألفا (وهي نوع من أنواع الإشعاعات).

من الواضح أيضاً أن الأجهزة تساوي في الإحساسات بين العلماء وغير العلماء، فعندما يتحرك مؤشر الأرقام في جهاز الجلفانومتر، فإن الإحساس بوجود التيار الكهربائي يتساوى لدى المتخصص في هذا الفرع، وبين المشاهد لحركة المؤشر، وربما تميز المتخصص بمعرفته للبناء والتركيب الداخلي لهذا الجهاز، وبالتالي سبب حركته. فبالنسبة له نجد أن وضع إبرة المؤشر يعتبر معياراً للجهد الكهربائي، أما بالنسبة لغير المتخصص، فإن موضع إبرة المؤشر لا يعتبر معياراً ولا مقياساً لشيء. فقط حركته تعطي الإحساس بوجود التيار. والخلاصة أن التفسير دائماً يبدأ من حيث تنتهي المدركات الحسية. وعلى ذلك فالتفسير هو المتمم للمدركات الحسية، وهو يعتمد على طبيعة ومقدار الخبرة والتجربة السابقة.

٥ ـ الأمثلة وما ليس قابلاً للقياس والثورات:

إن ما ذكرناه تواً يقدم أساساً لتوضيح جانب آخر من جوانب هذا

الكتاب: ملاحظاتي حول ما لا يقبل القياس ونتائجه بالنسبة لمناقشات العلماء للاختيار بين النظريات الناجحة. فلقد اثبتت مناقشاتي في الفصلين العاشر والثاني عشر أن الفرق المختلفة حول هذه المناقشات التي لا يمكن تجنبها ترى جوانب مختلفة من المواقف التجريبية أو الملاحظة التي يرجعون إليها. وما دامت الكلمات التي يستخدمونها لمناقشة مثل تلك المواقف، هي العنصر الرئيسي وتتكون من نفس الحدود، فإنه يجب أن ينسبوا بعض هذه الحدود للطبيعة ولكن بصورة مختلفة، ونتيجة لذلك فإن ارتفاع منزلة نظرية ما عن نظرية أخرى هو شيء لا يمكن البرهنة عليه، أو اثباته في مثل هذه المناقشة. وبدلاً من ذلك، كنت مصراً على أن على كُلِ فريق أن يحاول بالاقتناع أن يغير وجهة نظر الفريق الآخر. ولكن الفلاسفة وحدهم أساءوا فهم حجتي، وأشار بعضهم إلى أنني اعتقد ما يلي: أن النظريات التي لا تقبل القياس لا يمكنها أن تتصل الواحدة بالأخرى على الاطلاق، ونتيجة لذلك، فإنه أثناء مناقشة مسألة اختيار النظرية فإنه لن يكون لدينا سبباً جيداً نرجع إليه، والأحرى أنه يجب اختيار النظرية لأسباب ذاتية وشخصية؛ وبعض أنواع التصورات الغامضة مسؤولة عن القرار الذي نصل إليه فعلاً. وأكثر من أي جزء آخر في الكتاب، فإن هذه النصوص التي فسرت بصورة خاطئة مسؤولة عن المناداة بالعنصر اللاعقلي.

خذ على سبيل المثال ملاحظتي الأولى حول البرهان. إن النقطة التي كنت أحاول أن ابسطها واشرحها سهلة للغاية، بل ومألوفة منذ وقت طويل في فلسفة العلوم. فالمناقشات حول اختيار النظرية لا تشبه ولا تتخذ نفس صورة البرهان المنطقي أو الرياضي. فمن المعروف أن البرهان في الرياضيات أو المنطق يبدأ من مقدمات وقواعد استدلال محددة منذ البداية. أما إذا كان هناك أي اختلاف حول النتائج، فإن المتنازعين يمكنهم أن يراجعوا العملية خطوة بخطوة. وفي نهاية تلك العملية لا بد أن يعترف

أحدهم أو الآخر بأنه ارتكب خطأ ولم يلتزم بقاعدة سبق قبولها. وبعد ذلك فإنه لن يخطيء وسوف يلتزم ببرهان منافسه وفقط إذا اكتشف الاثنان أنهما مختلفان حول المعنى أو تطبيق القواعد الجامدة، حيث كان اتفاقهما السابق حولها لا يقدم سبباً كافياً كأساس للبرهان، فإنه في هذه الحالة تستمر المناقشات خلال الثورة العلمية بصورة لا يمكن تجنبها. هذا النقاش يكون حول المقدمات، والعودة إليه تهدف إلى الاقناع بامكانية البرهان.

لا شيء في كل ما سبق قوله يتضمن إما أنه لا يوجد سبب جيد لاستمرار الاقناع أو أن لأسباب ليست محددة بصورة حاسمة بالنسبة للجماعة وهذا لا يتضمن حتى القول بأن الأسباب المقدمة للاختيار مختلفة عن تلك التي اعتاد فلاسفة العلوم أن يقننوها: الدقة، والبساطة، والانتاج، وما إلى ذلك. ومع ذلك، فإن هذا يقترح علينا أن مثل تلك الأسباب تعمل كقيم، ومن ثم يمكن أن تكون مختلفة من حيث التطبيق، سواء أكان ذلك فردياً أو جمعياً. على سبيل المثال، إذا اختلف اثنان حول الاثمارية النسبية لنظرياتهما، أو أذا اتفقا حول الأهمية النسبية لهذا الاثمار، مثل مجال التوصل للاختيار، فإنه لن ينسب لأحد أنه ارتكب خطأ، ولا أنه ليس علمياً. أنه لا يوجد لوغاريتم محايد لاختيار النظرية، ولا قرار نسقي، كإجراء، يمكن أن يطبق، وهذا ما يقضي بكل فرد في الجماعة لنفس القرار. ولكي نفهم لماذا يتقدم العلم بهذه الصورة، فإن المرء ليس بحاجة لأن يكشف السيرة الذاتية وشخصية كل فرد يقدم على عملية الاختيار. ورغم ذلك، فإن ما يجب أن نفهمه هو الطريقة التي بمقتضاها تتفاعل مجموعة مخصوصة من القيم المشاركة مع الخبرات الخاصة التي يشترك فيها أعضاء المجتمع العلمي من المتخصصين ليؤكدوا أن معظم أعضاء الجماعة سيجدون في النهاية مجموعة واحدة من الحجج بدلاً من مجموعة أخرى محددة لهم.

تلك هي عملية الاقناع، لكنها تعرض علينا مشكلة عويصة، تتمثل في

أن اثنين يدركان نفس الشيء يختلفان ولا يستخدمان نفس المصطلحات في مناقشة الشيء، بل ويستخدمان كلمات مختلفة. انهما يتحدثان من وجهات نظر مختلفة وهو ما اسميته ما ليس قابلاً للقياس. كيف إذن يمكنهما أن يتحدثا معاً بصورة أكثر اقناعاً. إن وضع السؤال على تلك الصورة يتطلب مناقشة أكثر لطبيعة الصعوبة التي لدينا، والتي اعتقد أنها تأخذ الصورة التي سأتحدث عنها تواً.

إن ممارسة العلم السوى المعتمدة على القدرة المكتسبة من الأمثلة، تتطلب أن يكون لدينا مجموعتين من الأشياء ومواقف متاشبهة تؤخذ كنقطة بدء لمناقشة السؤال: «مشابه بالإشارة إلى ماذا؟ إن جانباً مهماً من أي ثورة يتمثل في المشابهة أو المماثلة لعلاقات التغير. فالأشياء التي صنفت في نفس المجموعات من قبل، قد صنفت من بعد في مجموعات مختلفة، والعكس صحيح. خذ على سبيل المثال الشمس، والقمر، والمريخ، والأرض قبل وبعد الثورة الكوبرنيقية؛ أو السقوط الحر، أو حركة البندول، أو الحركة المدارية قبل وبعد جاليليو، أو الأملاح، وملح الحديد قبل وبعد دالتون. ما دام معظم الأشياء أثناء المجموعات المتغيرة تستمر في أن تصنف معاً، فإن أسماء المجموعات عادة تبقى كما هي ومع ذلك، فإن الانتقال من المجموعة الفرعية جزء من التحول النقدي في شبكة العلاقات المتبادلة بين الأشياء. مثال ذلك نقل المعادن من قائمة أو مجموعة المركبات إلى مجموعة العناصر لعب دوراً أساسياً في ظهور نظرية جديدة في الاحتراق، والحموضة، وفي التركيب الفيزيائي والكيميائي. وباختصار فإن كل هذه التغيرات انتشرت في كل الكيمياء وليس مدعاة للدهشة إذن حينما يعاد التوزيع مرة أخرى، إن الرحلين يفهمان جيداً نفس الموضوع ويعلمان الدوافع التي أدت بهما إلى أوصاف وتعميمات لا متسقة مع بعضها. هذه الصعوبات لن تكون بطبيعة الحال مندرجة في كل الجوانب حتى في الجانب العلمي، ولكنها سوف تنشأ

وتبدو لنا تماماً في الظواهر التي يقع عليها الاختبار حين نقرر أي نظرية تختار لتكون أساسية بالنسبة لنا.

٦ ـ الثورات والنظرية النسبية:

إن واحداً من المواقف المحددة التي أزعجت عدد من النقاد الذين انتقدوا هذا الكتاب، أنهم اكتشفوا وجهة نظري تجاه النظرية النسبية والتي تطورت في الفصل الأخير من هذا الكتاب. إن ملاحظاتي حول التغير قد ألقت الضوء وأوضحت أسباب هذا الاهتمام، لأن تناسب النظريات المختلفة يشبه أفراد المجتمعات المختلفة في الثقافة واللغة، وعند إدراك هذا التناسب فإننا ربما نقترح أن كلاً من الجماعتين على صواب. وبالتطبيق على الثقافة وتطورها نجد أن النسبية هي السمة الغالبة.

وأما عند التطبيق على العلم، فإننا نجده لحد ما بعيد عن النسبية في النواحي التي فشل النقاد في رؤيتها. إن الممارسين للعلم ـ كالجماعات ـ هم الذين يقومون، من وجهة نظري، بحل المعضلات الجوهرية. كذلك فإن القيم التي يقيسون على أساسها ويختارون وفقاً لها النظريات، هي في الأصل منبثقة من عملهم واهتماماتهم العلمية، مثل القدرة على التفسير وحل المعضلات الموجودة بالطبيعة، وتلك هي النقطة الأساسية بالنسبة لأفراد المجتمع العلمي. ومثل أي قيمة أخرى، فإن المقدرة على حل المعضلات يثبت الالتباس في التطبيق، فقد يختلف اثنان في الحكم على شيء واحد عند النظر إليه من نفس الموضع. ولكن سلوك المجتمع المتفوق في ذلك المضمار، سيكون بطبيعة الحال مختلفاً عن غيره من المجتمعات. وفي مجال العلوم ـ فعلى ما أعتقد ـ فإن القيمة الحقيقية توافق المقدرة على حل المعضلات. فإذا تخيلنا شجرة تطور تمثل التطور في التخصصات العلمية الحديثة، سنجد أن الفلسفة الطبيعية الأولى هي منبت جذور هذه الشجرة،

وهي الخط الذي يرسم هذه الشجرة من الجذع إلى القمة . ومن هاتين النظريتين يكون من السهل أن نضع قائمة للظواهر التي تمكن الملاحظ غير المدقق من التمييز بين الأشكال القديمة للنظرية وبين النظرية الأكثر حداثة .

إن دقة القياس والفحص ، أو بالأحرى ، كيفية القياس ، وكذا التوازن بين الموضوعات اليومية والموضوعات الخاصة ، وعدد الحلول المختلفة للمشكلات ، هي موطن الفائدة المكتسبة من هذه القائمة التي تشمل ظواهر ذلك التطور .

وفي واقع الأمر فإن النظريات العلمية المتأخرة تعد أفضل بكثير من النظريات العلمية المبكرة في مجال حل المعضلات في البيئات المختلفة تماماً عن بعضها البعض ، تلك البيئات التي يتم تطبيق النظريات عليها . وهي لذلك ليست نسبية ، بل أنها تشرح المعنى والمفهوم الذي أنظر إليه على أساس أنه يمثل مفهوم التقدم العلمي . وعند مقارنة مفهوم التقدم ، فإن الشيء الأكثر وضوحاً بين كل من الفلاسفة المهتمين بالعلم (فلاسفة العلم) وبين غيرهم من غير المتخصصين ، هو أن هذا المفهوم مفتقد لعنصر جوهري ، وهو أن النظرية العلمية تبدو دائماً على أنها أفضل من سابقتها ، ليس فقط من حيث مفهوم الاكتشاف وحل المعضلات ، ولكن أيضاً لأنها ، بطريقة أو بأخرى ، أفضل تمثيلاً لطبيعة موضوعها . وقد نسمع أن النظرية الناجحة إنما اكتسبت نجاحها من نموها المضطرد واقترابها أكثر فأكثر من الصدق . إن مثل هذا التعميم لا يشير إلى حل المعضلات الموجودة في النظرية ، بقدر ما يشير إلى حقيقة وجودها . كما أن النظريات تتطور عن بعضها ، فعلى سبيل المثال : لا أشك في أن ميكانيكا نيوتن مأخوذة ومتطورة عن ميكانيكا أرسطو؛ وميكانيكا أينشتين مأخوذة ومتطورة عن ميكانيكا نيوتن ، وهذا التطور أداة لحل المعضلات . وعلى هذا فإن نيوتن أخذ عن أرسطو، ثم جاء أينشتين ليأخذ عن نيوتن . لكن هذا التطور لا يحكمه العامل الزمني . فنجد مثلاً أن نظرية

النسبية عند أينشتين أقرب ما تكون لنظرية أرسطو منها لنظرية نيوتن، على الرغم من أن الأخير أقرب من الناحية الزمنية لأينشتين عن أرسطو. من هنا يتضح أن العامل الزمني لا يتحكم في تطور النظريات.

وعلى الرغم من أن هذه النقطة الأخيرة تقبل على أساس أنها تعبر عن نظرية النسبية؛ إلا أن هذا الوصف لا يروق لي، وأعتبره خاطئاً؛ لأنه إذا كانت هذه النقطة نسبية، فأنا لا أستطيع أن أرى النسبيين يفقدون أي شيء يحتاجونه ليحسبوا طبيعة وتطور العلوم.

٧ ـ طبيعة العلم:

والآن أنتهي إلى مناقشة مختصرة لاثنين من ردود الفعل التي انتقدت هذا الكتاب وأمتدحته. لقد كان رد الفعل الأول انتقاداً لهذا الكتاب، وكان الثاني امتداحاً له واستحساناً.

وعلى ما أعتقد فإن هذين الاتجاهين على صواب، فعلى الرغم من أن كل منهما ذهب عكس الآخر، وقرر ما نفاه الآخر، أو رفض ما أقره الآخر، إلا أنهما على صواب، وقد استطاعا أن يحللا النقاط، وكان لكل منهما رد فعل بناءً على وجهة نظره الخاصة.

لقد لاحظ قلة من القراء أنني قد مررت تكراراً بين النماذج والأمثلة القديمة والحديثة. ولقد شرحت ما يفعله العلماء، وما يجب أن يفعلوه وما لا يجب أن يفعلوه. وبعض النقاد يتهمني بأنني أخلط بين الوصف والتوجيه متجاهلاً النظرية الفلسفية القيمة التي تفرق بين «ما هو كائن» IS و «ما يجب أن يكون» Ought. غير أن هذه النظرية لم تظل لها هذه القيمة طويلاً.

إن عدداً من الفلاسفة المعاصرين اكتشفوا أهمية السياق الذي تختلط فيه الوصفية «بالتوجيهية». إن ما هو كائن بالفعل، وما يجب أن يكون، ليسا بالضرورة منفصلين كما يعتقد. ولست في حاجة إلى عون فلاسفة اللغة

المعاصرين لكي يحلون هذا الاختلاط والتداخل في سياق كتابي.

إن الصفحات التالية تقدم وجهة نظر، أو نظرية حول طبيعة العلم، ومثل الفلسفات العلمية، فإن النظرية تتمشى مع الطريقة التي يجب أن يسلكها العلماء إذا أرادوا لموضوعاتهم النجاح. وهذه النظرية تقدم الأساس المنطقي لتكرار الواجبات "Oughts" واللازم "Should". وعند دراسة النظرية جدياً نجد أن العلماء يجب أن يسلكوا المنهج الذي تقول به النظرية.

إن تاريخ العلم سيلتصق بالواقع إذا استطاع العلماء أن يشرحوا - في ضوء النظرية - الصفات والملامح الرئيسية للتطور العلمي. كذلك فإن الملاحظة الدقيقة المتأنية المدعمة بالتجارب الناضجة والأبحاث التي يقوم بها العلماء ستشارك في تحديد وتعريف الملامح الأساسية للتطور العلمي. وبعد مرحلة الملاحظة الشديدة والتجريب تأتي مرحلة التفسير المباشر لها.

كذلك فإن إجاباتي التي أوردتها في هذا الكتاب كانت من نوع مختلف، لأن هدفها كان إلقاء الضوء على العلم. إن هذا الكتاب يصف التطور العلمي مبتدءاً بتقاليده القديمة، ثم عرض لمراحله المختلفة التي وصلت بالعلم لمرحلة التطور والتقدم. وعلى قدر علمي، فإن جميع مؤرخي الأدب، والموسيقى، والفنون، ومؤرخي التطورات السياسية، وكل المؤرخين الذين تناولوا النشاطات الإنسانية، قد وصفوا موضوعاتهم - على تعددها - بنفس هذا الأسلوب.

إن الدورات والفترات الأمنية للاصطلاحات الثورية العلمية شملت الطراز والبنية الأساسية لتركيبات المجتمعات، ولقد انعكس هذا بدوره على العلم. إنني أعتقد على سبيل المثال، أن كثيراً من الصعوبات التي تكتنف مفهوم طراز معين في الفن، يمكن أن تتلاشى إذا كان الرسم يتم وفقاً لنموذج معين. ومن هنا كانت أهمية النموذج في العلم.

ويمكننا القول بأن العلم ـ على أقل تقدير ـ بعد وصوله لنقطة معينة في تطوره، فإنه تقدم في اتجاه لم تتقدم إليه كثير من المجالات الأخرى. ولقد ذكرت الشيء الكثير في هذا الكتاب عن المدارس المتنافسة التي سبقت زمن النماذج وعلاقتها بتطور العلوم، ومصيرها بعد ظهور النماذج، وما انتهت إليه من تلاشي انتهت معه المعضلات التي كانت تحاول كل مدرسة حلها، وظهرت معضلات جديدة بظهور النماذج الجديدة. ونتذكر كذلك الحديث عن الجماعات العلمية المحدودة العدد التي تكوّن عالماً خاصاً بها، والتي كانت في بعض الأحيان هي المشاهد الوحيد، وهي الحكم الوحيد على اكتشافاتها العلمية. وكذلك الحديث عن الطبيعة الخاصة للتعلم العلمي والذي يهدف لحل المعضلات، وكذلك قيمة النظام الذي تتبعه الجماعات العلمية في فترات التغير.

لقد تجاهل الكتاب بعض الملامح الهامة التي تساعد على التطور العلمي، ولعل هذه الملامح التي لم يتطرق إليها الكتاب وهي مأخذ في موضعه، هو الحاجة الماسة لدراسة التركيب العلمي للمجتمعات، وإنني سأحاول بعد ذلك أن أتناول هذه النقطة الهامة التي أغفلها، وقبل كل شيء، سأوجه اهتمامي لعقد دراسة مقارنة للمجتمعات المتساوية في مجالات أخرى ـ كيف يستطيع الإنسان أن يختار؟ وكيف يمكن للإنسان أن يُختار لعضوية مجتمع معين، علمياً كان أو غيره؟ ما هي الوسائل والمراحل الاجتماعية للجماعات؟ وما هي الأهداف العامة لهذه الجماعات؟ ما هي الانحرافات، فردية كانت أم جماعية، وكيف يمكن التحكم في الانحرافات المحظورة؟ إن الإجابة على مثل هذه التساؤلات ستحقق الفهم الكامل للعلم ولطبيعته. إن المقدمة العلمية، مثل اللغة، هي أساساً حيازة عامة لمجموعة معينة. ولكي نفهم المعرفة العلمية، فإنه يتحتم علينا معرفة الملامح المميزة للجماعات التي تخلق هذه المعرفة العلمية وتستخدمها.

فهرس